سلسلة الإنتاج المتميز لمحاصيل الخضر ووسائل التعامل

مع تحديات إنتاجها وتصديرها

البطاطس

تكنولوجيا الإنتاج المتميز وتحدياته ووسائل التغلب عليها

تأليف

أ.د. أحمد عبد المنعم حسن

أستاذ الخضر

كلية الزراعة – جامعة القاهرة

البطاطس

تكنولوجيا الإنتاج المتميز وتحدياته ووسائل التغلب عليها

حسـن، أحمد عبد المنعم
البطاطس: تكنولوجيا الإنتاج المتميز وتحدياته ووسـائل التغلب عليها / تأليف أحمد عبد المنعم حسـن.
ط١.- القاهرة: - ٢٠٢٠ م
ص, ١٧ × ٢٤- (سلسـلة تربية محاصيل الخضر).
١. إنتاج الخضر
٢. البطاطس
أ. العنوان

الطبعة الأولى
١٤٤٢هـ - ٢٠٢١م

محتويات الكتاب

صفحة

الفصل الأول

تعريف بالبطاطس وأهميتها ١٧

أنواع الجنس *Solanum* ١٧

الموطن وتاريخ الزراعة ١٩

القيمة الغذائية ٢١

المادة الجافة والنشا والمحتوى الكربوهيدراتى ٢٤

البروتين ٢٥

الفيتامينات ٢٨

العناصر ٣٠

الأحماض العضوية ٣١

تأثير طرق الطهى على المحتوى الغذائى للبطاطس ٣١

الأهمية الطبية ٣٢

مصادر إضافية ٣٣

الفصل الثانى

الوصف النباتى ٣٥

مراحل النمو ٣٥

المجموع الجذرى ٣٥

السيقان الهوائية ٣٨

المدادات أو السيقان الأرضية ٣٩

الدرنات ٣٩

الوصف المورفولوجى ٤٠

التكوين ٤٢

التركيب التشريحى ٤٤

صفحة

الجلد ٤٥

العديسات Lenticels ٤٦

بيريدرم الجروح ٤٦

الأوراق ٤٧

الأزهار ٤٨

التلقيح ٥٠

الثمار والبذور ٥٢

الفصل الثالث

الأصنـــاف ٥٣

المواصفات المستخدمة فى تعرُّف أصناف البطاطس ٥٣

تقييم طرز البطاطس ٥٨

مواصفات الأصناف الهامة ٥٩

الأصناف التى تنتشر زراعتها فى مصر ٦٠

الأصناف التى تنتشر زراعتها فى الولايات المتحدة ٧٤

الفصل الرابع

الاحتياجات البيئية ٧٧

العوامل الأرضية ٧٧

قوام ومسامية التربة ٧٧

رقم الحموضة (الـ pH) ٧٩

ملوحة التربة ومياه الرى ٧٩

العوامل الجوية ٨٣

الفصل الخامس

التقاوى وطرق الزراعة ٩١

التكاثر بالدرنات وتداول التقاوى ٩١

مصادر تقاوى البطاطس المستخدمة فى مصر ٩١

صفحة

اختيار التقاوى الخالية من الإصابات المرضية ٩٣
العمر الفسيولوجى لدرنات التقاوى ٩٤
تجهيز درنات التقاوى للزراعة ٩٥
الحجم المناسب لقطعة التقاوى ٩٦
كسر سكون درنات التقاوى ٩٩
تنبيت البراعم أو التخضير ١٠٢
كمية التقاوى ١٠٥
معاملات ما قبل تقطيع درنات التقاوى ١٠٦
تجزئة التقاوى ١٠٧
معالجة التقاوى المجزأة ١٠٩
معاملة التقاوى بالمبيدات ١١٠
المواصفات التى تجب مراعاتها عند اختيار التقاوى المناسبة للزراعة ١١٣
الزراعة ١١٥
إعداد الأرض للزراعة ١١٥
التخطيط ومسافة الزراعة ١١٧
عمق الزراعة ١١٩
طرق الزراعة ١٢٠
مواعيد الزراعة ١٢٢
وسائل التبكير فى زراعة العروة الخريفية ١٢٣
دورة البطاطس ١٢٥
إنتاج البطاطس البلية أو البطاطس الجديدة ١٢٥
استخدام البذور الحقيقية فى إنتاج البطاطس ١٢٦
مقدمة ١٢٦

صفحة

جهود واتجاهات التربية لأجل تحسين الإنتاج باستعمال البذور الحقيقية ١٢٩

إنتاج البذور الحقيقية ١٣٠

فسيولوجيا البذور ١٣٢

سكون البذور ١٣٢

تخزين البذور وحفظ حيويتها ١٣٤

إنبات البذور ١٣٤

طرق استعمال البذور الحقيقية فى إنتاج البطاطس ١٣٦

زراعة البذور الحقيقية ١٣٦

شتل البادرات البذرية ١٣٨

إكثار درنات البادرات البذرية ١٣٨

عمليات الخدمة الزراعية ١٣٨

مشاكل إنتاج البطاطس باستعمال البذور الحقيقية فى مصر ١٣٩

استخدام الدرنات الصغيرة (المينى والميكرو) فى إنتاج البطاطس.. ١٤١

الفصل السادس

عمليات الخدمة الزراعية ١٤٥

الترقيع ١٤٥

العزق وإقامة الخطوط ١٤٦

مكافحة الحشائش بالمبيدات ١٤٩

أولاً: مبيدات تستعمل قبل الزراعة ١٤٩

ثانيًا: مبيدات تستعمل بعد الزراعة ١٥٠

ثالثًا: مبيدات تستعمل قبل الإنبات ١٥١

رابعًا: مبيدات تستعمل بعد الإنبات ١٥١

الـــرى ١٥٢

الأعماق التى تحصل منها جذور البطاطس على الرطوبة الأرضية ١٥٤

الاحتياجات المائية للبطاطس ١٥٤

صفحة

تأثير الرطوبة الأرضية على نمو وتطور البطاطس ١٥٧
طرق ومعدلات الرى ١٦٥
المفاضلة بين طرق الرى التى تناسب البطاطس ١٦٦
مصادر إضافية ١٦٧
التسميد ١٦٨
العناصر الضرورية للنبات وأهميتها ١٦٨
مراحل نمو نبات البطاطس ذات العلاقة ببرنامج التسميد ١٧٥
احتياجات البطاطس من العناصر السمادية ١٧٦
كميات العناصر التى تزيلها البطاطس من التربة ١٨١
تحليل التربة ١٨٣
تحليل النبات ١٨٦
العوامل التى يجب أخذها فى الحسبان عند التسميد ١٩٩
برامج التسميد ٢٠٨
مراجع إضافية فى تسميد البطاطس ٢١٦
استعمالات منظمات النمو ٢١٧
تثبيط نمو البراعم ٢١٧
كسر سكون درنات التقاوى ٢١٧
إنتاج درنات صغيرة الحجم ٢١٨
التخلص من الثمار ٢١٨
التخلص من النموات الخضرية ٢١٩
تطبيقات منظمات النمو ومنشطات النمو ٢١٩
الإنتاج العضوى ٢٢١

الفصل السابع
النمو والتطور ٢٢٣

تأثير العوامل البيئية على النمو الخضرى والدرنى لنبات البطاطس . ٢٢٣

صفحة

تأثير درجة الحرارة ٢٢٣

تأثير الفترة الضوئية ٢٢٨

تأثير شدة الضوء ٢٣٢

تأثير العوامل البيئية على الإزهار ٢٣٣

تأثير درجة الحرارة ٢٣٣

تأثير الفترة الضوئية ٢٣٤

تأثير شدة الإضاءة ٢٣٤

تأثير بعض الظواهر الجوية الأخرى ٢٣٤

تأثير الرياح ٢٣٤

تأثير البَرَدْ ٢٣٥

تأثير البرق ٢٣٥

تأثير ملوثات الهواء على النمو والتطور ٢٣٦

مراحل النمو ٢٣٧

تطور النمو الجذرى ٢٣٨

تكوين السيقان الأرضية ٢٣٩

وضع وتكوين الدرنات ٢٤٠

طريقة وضع الدرنات وازديادها فى الحجم ٢٤٠

العوامل المؤثرة على وضع الدرنات ٢٤٢

بعض التغيرات الداخلية المصاحبة لوضع الدرنات ٢٤٤

فسيولوجيا المحصول ٢٤٥

البناء الضوئى وعلاقته بتراكم المادة الجافة ومحصول الدرنات ٢٤٥

مكونات المحصول والتفاعلات فيما بينها ٢٤٩

سكون الدرنات ٢٥٤

العوامل المؤثرة على طول فترة السكون ٢٥٤

التغيرات الداخلية المصاحبة لسكون الدرنات ٢٦٢

السيادة القمية ٢٦٤

صفحة

الفصل الثامن

صفات الجودة ٢٦٧

الصفات المظهرية ٢٦٧
الطعم ٢٦٩
النكهة ٢٧٠
محتوى المادة الجافة ٢٧٠
محتوى الدرنات من السكريات ٢٧١
العوامل المؤثرة فى نسبة السكر بالدرنات ٢٧١
أهمية محتوى السكر بالدرنات وطرق التحكم فيه ٢٧٢
الكثافة النوعية ٢٧٥
أهمية الكثافة النوعية ٢٧٥
الصفات المرتبطة بالكثافة النوعية ٢٧٧
العوامل المؤثرة فى الكثافة النوعية ٢٧٧
طرق تقدير الكثافة النوعية ٢٨٢

الفصل التاسع

العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية ٢٨٧

أنواع العيوب الفسيولوجية وأهميتها ٢٨٧
اخضرار الدرنات ٢٨٩
تكون الكلوروفيل ٢٩١
العوامل المؤثرة فى سرعة اخضرار الدرنات ٢٩٢
وسائل منع اخضرار الدرنات ٢٩٤
الجليكوألكالويدات ٢٩٥
تعريف الجليكوألكالويدات ٢٩٦
أهمية الجليكوألكالويدات وسميتها ٢٩٧
توزيع الجليكوألكالويدات فى أجزاء نبات البطاطس ٢٩٨

صفحة

العوامل المؤثرة فى محتوى الدرنات من الجليكوألكالويدات ٢٩٩
النمو الثانوى والتشوهات الشكلية ٣٠٥
مسببات الظاهرة وطرق تجنبها ٣٠٦
التشققات بأنواعها ومسبباتها ٣٠٨
التسلخ أو التريييش ٣١١
آلية حدوث التسلخ ٣١٢
وسائل الحماية من الظاهرة ٣١٣
العديسات الكبيرة ٣١٤
العفن القاعدى الجيلاتينى أو النهايات السكرية ٣١٤
التغير اللونى فى طرف الساق ٣١٥
القلب الأجوف ٣١٦
أعراض الإصابة ٣١٦
مسببات الظاهرة ٣١٨
وسائل التغلب على الظاهرة ٣١٩
تلون الحلقة الوعائية الفسيولوجى ٣٢٠
التبقع البنى الداخلى أو التحلل الداخلى أو التحلل الحرارى الداخلى.. ٣٢١
أعراض الإصابة ٣٢١
العوامل المؤثرة فى حالة التبقع البنى الداخلى والتحلل الحرارى الداخلى ٣٢٣
التبقع الأسود الداخلى ٣٢٥
العوامل التى تهيئ الدرنات للإصابة ٣٢٧
التغيرات الداخلية المؤثرة فى الإصابة ٣٣٠
وسائل الوقاية من الإصابة ٣٣١
المركز البنى ٣٣٢
القلب الأسود ٣٣٣
أعراض الإصابة ٣٣٣
العوامل المؤثرة على حالة القلب الأسود ٣٣٤

صفحة

التلون البنى الإنزيمى ٣٣٦
التلون البنى غير الإنزيمى ٣٣٧
طبيعة الظاهرة ٣٣٧
العوامل المؤثرة فى الظاهرة ٣٣٨
مستوى الأكريميلايد فى منتجات البطاطس المحمرة ٣٣٩
التلون الأسود بعد الطهى ٣٣٩
القطوع والخدوش ٣٤١
اكتساب درنات البطاطس طعماً عفناً عند معاملة التربة بأحد المبيدات الحشرية ٣٤١
أضرار التجمد وأضرار البرودة ٣٤١
النموات الخضرية للسيقان الأرضية، وسلاسل الدرنات ٣٤٢
الدرنات الصغيرة أو الدرنات الثانوية ٣٤٢
النموات الحلزونية ٣٤٣
النموات الشعرية أو النبت الشعرى ٣٤٤
التبرعم الداخلى أو النبت الداخلى ٣٤٤
الجذور الداخلية ٣٤٥
أضرار ناشئة عن اختراق جذور الأعشاب الضارة للدرنات ٣٤٥
البروزات المنتفخة intumescences بالأوراق ٣٤٥
التفاف الأوراق ٣٤٥
احتراق حواف الوريقات ٣٤٦
الدرنات الهوائية ٣٤٦
اصفرار القمة ٣٤٧
الورقة المنقطة ٣٤٧
مصادر إضافية ٣٤٧

الفصل العاشر

الحصاد، والتداول، والتخزين، والتصدير ٣٤٩
الحصاد ٣٤٩

صفحة

تحديد موعد الحصاد ٣٤٩
التخلص من النموات الخضرية قبل الحصاد ٣٥٤
أهمية حرارة التربة عند الحصاد ٣٥٩
أهمية المحتوى الرطوبى لكل من التربة والدرنات عند الحصاد ٣٦٠
طريقة الحصاد ٣٦١
الأضرار التى قد تحدثها عملية الحصاد الآلى بالدرنات ٣٦٤
التداول ٣٧١
العلاج التجفيفى أو المعالجة ٣٧١
طرق إجراء عملية المعالجة ٣٧١
التدريج ٣٧٦
المعاملة بمثبطات التزريع ٣٧٧
الإصابات المرضية ومعاملات الحد منها بعد الحصاد ٣٩٤
التخزين ٤٠٠
التخزين فى النوالات ٤٠٠
التخزين فى الثلاجات ٤٠١
تخزين التقاوى ومعاملاتها أثناء التخزين ٤١١
المخازن ٤١٣
التخزين فى الجو المعدل والجو المتحكم فى مكوناته ٤١٦
الظواهر والتغيرات المصاحبة للتخزين (فسيولوجيا بعد الحصاد) ٤١٨
تنفس الدرنات ٤١٨
إنتاج الإثيلين ٤٢٠
التزريع ٤٢١
فقد الرطوبة ٤٢٢
انكماش وذبول الدرنات ٤٢٣
الاخضرار ٤٢٥
أضرار البرودة ٤٢٥
أضرار التجمد ٤٢٦
التغيرات فى القيمة الغذائية أثناء التخزين ٤٢٧

صفحة

زيادة نسبة السكريات ٤٢٨

انخفاض نسبة النشا ٤٣٣

التغيرات فى الكاروتينات ٤٣٣

التغيرات فى بعض المركبات الأخرى ٤٣٤

التصدير والشحن ٤٣٦

البطاطس المجهزة للمستهلك ٤٣٧

الفصل الحادى عشر

إنتاج التقاوى ٤٣٩

مراحل إنتاج التقاوى فى بعض الدول ٤٣٩

إنتاج التقاوى فى هولندا ٤٣٩

إنتاج التقاوى فى الدانمرك ٤٤٢

إنتاج التقاوى فى المملكة المتحدة وأيرلندا ٤٤٩

إنتاج التقاوى فى مصر ٤٥١

إنتاج التقاوى فى المملكة العربية السعودية ٤٥٥

طرق وممارسات زراعية وتقنيات خاصة فى إنتاج تقاوى البطاطس ٤٥٦

إنتاج الدرنات الصغيرة ٤٥٦

إنتاج الدرنات الميكرو فى البيئات الصناعية وكبسلتها لتصبح بذورًا صناعية ٤٥٧

الاستعانة بالدرنات الهوائية كتقاو ٤٥٨

تزريع الدرنات فى الضوء ٤٥٨

المعاملة بالجبريللين قبل الزراعة ٤٥٨

كثافة الزراعة ٤٥٨

معاملة حقول إنتاج التقاوى بمنظمات النمو ٤٥٩

اختبارات الكشف عن الإصابات البكتيرية ٤٥٩

تخليص التقاوى من الإصابات الفيروسية ٤٦٠

المراجع ٤٦١

الفصل الأول

تعريف بالبطاطس وأهميتها

تُعد البطاطس من أهم محاصيل الخضر فى العالم العربى، وفى عددٍ كبيرٍ من دول العالم، خاصة فى الأمريكتين وأوروبا. وهى تتبع العائلة الباذنجانية Solanaceae، وهى العائلة التى تضم أيضًا الطماطم والفلفل والباذنجان، بالإضافة إلى خضروات أخرى ثانوية هى الحلويات (الحرنكش)، وشجرة الطماطم. وتضم العائلة نحو ٩٠ جنسًا، وحوالى ٢٠٠٠ نوع. وتسمى نسبةً إلى الجنس *Solanum*، الذى تنتمى إليه البطاطس، والذى يُعد أهم وأكبر أجناس العائلة.

ينتمى إلى الجنس *Solanum* أنواع يزيد عددها عما ينتمى إلى أى جنسٍ آخر مزروع؛ وهى — على وجه التحديد — ٢٣٥ نوعًا؛ منها سبعة أنواعٍ مزروعة وتكون درنات، و٢٢٨ نوعًا بريًّا تنتشر — بصورة خاصة — فى المناطق الجبلية المرتفعة من أمريكا الجنوبية (عن Hawkes ١٩٩٠).

تُعرف البطاطس علميًّا باسم *Solanum tubersum* L.، وفى الإنجليزية باسم Potato أو Irish Potato نسبةً إلى أيرلندا التى انتشرت فيها زراعة البطاطس بعد انتقالها إليها من أمريكا الجنوبية عقب اكتشافها. وتعرف البطاطس باسم "بطاطا" فى عديدٍ من الدول العربية، بينما يعرف محصول البطاطا (الذى يتبع العائلة العليقية) باسم "البطاطا الحلوة" فى هذه الدول.

أنواع الجنس *Solanum*

يميز تحت نوعين من النوع *tuberosum*، هما *S. tuberosum* spp. *tuberosum*، وهو الذى تنمو سلالاته بريًّا فى شيلى، و *S. tuberosum* spp. *andigena*، وهو الذى تنمو سلالاته بريًّا فى كلٍ من بيرو وبوليفيا (Foldo ١٩٨٧)، وتحتوى جميع أصناف البطاطس التجارية الحاليةً على عديدٍ من الجينات التى حصلت عليها من تحت النوع *andigena* (عن Hermsen ١٩٨٧).

ويُعرف حاليًّا حوالى ١٥٠ نوعًا بريًّا و٢٠ نوعًا مزروعًا من أنواع الجنس *Solanum* المكونة للدرنات، وجميعها نشأت فى نفس موطن البطاطس فى أمريكا الجنوبية. وأقرب الأنواع إلى البطاطس هو النوع *Solanum andigenum* Juz & Buk الذى يُعطى إنتاجًا مقبولاً من الدرنات فى ظروف النهار القصير بجبال الإنديز. ويعتقد معظم النباتيين — حاليًّا — أن *S. andigenum* هو تحت نوع من *S. tuberosum* (Potato Association of America — الإنترنت– ٢٠٠٦).

هذا.. وتتعدد كثيرًا الأنواع التى تتبع جنس البطاطس *Solanum* spp.، وتُعد الأنواع التالية أهمها:

١– النوع *S. tuberosum* subsp. *tuberosum*:

وهو نوع متأقلم على الفترة الضوئية الطويلة (long-day adapted)، وفيه ٢ن = ٤س = ٤٨ كروموسوم، وقد تطور بالانتخاب فى كلٍ من أوروبا وأمريكا الشمالية وشيلى من سلالات تم إدخالها (نقلها) من النوع رقم ٢ (وهو *S. tuberosum* subsp. *andigena*). وفى البداية نُقلت تراكيب وراثية قليلة من *andigena* إلى إسبانيا؛ حيث خضعت هناك للانتخاب للقدرة على تكوين الدرنات فى النهار الطويل (وهى فى الواقع حيادية لطول النهار day neutral).

٢– النوع *S. tuberosum* subsp. *andigena*:

وهو نوع متأقلم على الفترة الضوئية القصيرة (short-day adapted)، وفيه — كذلك — ٢ن = ٤س = ٤٨ كروموسوم، وينتشر فى المنطقة من فنزويلا إلى الأرجنتين، كما يتواجد دونما انتظام فى كل من أمريكا الوسطى والمكسيك. وقد نشأ من أنواع المجموعتين الرابعة (*S. phureja*)، والخامسة (*S. stenotomum*) بالتضاعف التلقائى لعدد الكروموسومات.

٣– النوع *S. chaucha*:

وفيه ٢ن = ٣س = ٣٦ كروموسوم، وينتشر من وسط بيرو إلى شمال بوليفيا. وقد نشأ بالتهجين بين نباتات النوعين الثانى والرابع أو بين نباتات النوعين الثانى والخامس.

٤- النوع *S. phureja*:

وفيه ٢ن = ٢س = ٢٤ كروموسوم، وهو ينتشر فى شمال بوليفيا، وقد نشأ بالانتخاب — لأجل فترة سكون الدرنات القصيرة — من نباتات النوع الخامس.

٥- النوع *S. stenotomum*:

وفيه ٢ن = ٢س = ٢٤ كروموسوم، وهو ينتشر من جنوب بيرو إلى شمال بوليفيا، وقد نشأ بالتهجين الطبيعى بين أنواع برية تلاه انتخاب طبيعى.

٦- النوع *S. × juzepczukii*:

وفيه ٢ن= ٤س = ٣٦ كروموسوم، وهو ينتشر من وسط بيرو إلى جنوب بوليفيا، وقد نشأ من تهجينات بين نباتات من النوع *S. acule* ونباتات من النوع ٤، و ٥.

٧- النوع *S. × curtilobum*:

وفيه ٢ن = ٥س = ٦٠ كروموسوم، وهو ينتشر من وسط بيرو إلى جنوب بوليفيا، وقد نشأ من تهجينات بين نباتات من النوع *S. juzepczkii* ونباتات من النوع ٢.

٨- النوع *S. demissum*:

وهو نوع نباتاته قصيرة قزمية dwarf يتواجد فى وسط المكسيك على ارتفاعات تصل إلى ٣٠٠٠ متر من سطح البحر. وقد استخدم هذا النوع فى التربية لإنتاج أصناف جديدة عديدة.

وجدير بالذكر أن الأنواع ذات العدد الزوجى من المجموعات الكروموسومية (٢س، و٤س، و٦س) خصبة ذاتيًّا، بينما الأنواع ذات العدد الفردى (٣س، و٥س) عقيمة الذكر.

الموطن وتاريخ الزراعة

يتفق العلماء على أن موطن البطاطس هو أمريكا الجنوبية، وقد نقلت من أمريكا الجنوبية إلى أوروبا بواسطة مستكشفى أمريكا الأوائل من الإسبانيين خلال القرن السادس

عشر، وظلت زراعتها مقتصرة على حدائق الخضر المنزلية لمدة قرنين قبل أن يبدأ إنتاجها على نطاق تجارى، إلا أنها انتشرت سريعًا بعد ذلك فى أوروبا الغربية، وأصبحت أحد أهم الأغذية التى تعتمد عليها شعوب هذه المنطقة فى معيشتها، وتدل على ذلك المجاعة التى اجتاحت أيرلندا خلال الفترة من سنة ١٨٤٥ حتى سنة ١٨٤٧؛ بسبب إصابة محصول البطاطس بمرض الندوة المتأخرة بشكل وبائى قضى عليه؛ وتسبب فى موت وهجرة الملايين من سكان أيرلندا فى تلك الآونة. وقد انتقلت البطاطس إلى أمريكا الشمالية عن طريق أوروبا بواسطة المهاجرين الإسكتلنديين والأيرلنديين.

ويتفق العلماء على أن البطاطس لم تنتقل إلى أوروبا سريعًا بعد اكتشاف العالم الجديد فى عام ١٥٢٤ (Fuchs-Eckert ١٩٩٣)، وذلك لأنها من المحاصيل التى تنمو فى جبال الإنديز بأمريكا الجنوبية، وهى لم تكتشف بواسطة الرحّالة الإسبان إلاّ فى عام ١٥٣٢ بواسطة Pizarro. ولم يرد ذكر البطاطس فى المخطوطات التاريخية قبل عام ١٥٣٧؛ حيث ذكر وجودها فى منطقة تقع الآن فى كولومبيا، كما لم تذكر البطاطس فى أى تقرير منشور حتى عام ١٥٥٢، وكان ذلك بواسطة Francisco Lopez de Gomara.

وعلى الرغم من عدم اكتشاف أية وثائق تدل على تاريخ انتقال البطاطس إلى العالم القديم، إلاّ أنه جرت محاولات عديدة لاستنباط موعد تقريبى لذلك الانتقال التاريخى. وكان التاريخ المتفق عليه هو عام ١٥٧٠، وهو الذى توصل إليه R. N. Salaman من دراساته فى هذا الشأن، إلاّ أن الدراسات الحديثة التى أجراها Hawkes & Francisco-Ortega (١٩٩٣) أوضحت بأدلة جديدة أن البطاطس نقلت من أمريكا الجنوبية إلى جزر الكنارى — أولاً — وليس إلى إسبانيا مباشرة حوالى عام ١٥٦٢، ثم منها إلى إسبانيا بعد ذلك بقليل.

ولمزيد من التفاصيل عن موطن وتاريخ زراعة البطاطس يراجع كل من Hawkes (١٩٧٨)، و Howard (١٩٧٨)، و Foldo (١٩٨٧)، و Hawker & Francisco-Ortega (١٩٩٣).

وقد أدخلت زراعة البطاطس – لأول مرة – فى مصر فى عهد محمد على، ولكن زراعتها لم تنجح بسبب أعفان التقاوى. وفى عام ١٨٩٠ قام بعض اللبنانيين بزراعة البطاطس على نطاق ضيق فى محافظة الدقهلية. وفى نهاية القرن التاسع عشر استُوردت تقاوى صنف البطاطس بورتس Portus من فرنسا، وزرعت بنجاح على ضفاف النيل بمنطقة الوراق بمحافظة الجيزة. واستمرت زراعة البطاطس بعد ذلك بنجاح على ضفاف النيل فى مساحات صغيرة بمحافظتى البحيرة والغربية.

وخلال الحرب العالمية الأولى ازدهرت زراعة البطاطس فى مصر بسبب استيراد قيادة الجيش الإنجليزى فى مصر – فى ذلك الوقت – لتقاوى البطاطس من بريطانيا وتوزيعها مجانًا على المزارعين مقابل توريد طنين إلى أربعة أطنان من المحصول لكل طن من التقاوى التى يتسلمها المزارع، مع بيع بقية المحصول للجيش الإنجليزى. وقد امتدت زراعة البطاطس – بعد ذلك – لتشمل مركزى كوم حمادة وكفر الزيات. ومع استمرار التوسع فى زراعة البطاطس تبين للكثير من المزارعين أنها من المحاصيل المربحة؛ الأمر الذى دفعهم إلى شراء البطاطس من الخارج – بأنفسهم – لزراعتها فى مصر.

القيمة الغذائية

تُعتبر البطاطس من أكثر الخضر استعمالاً، وتُستهلك كميات كبيرة منها فى صورة مصنّعة؛ حيث توجد العشرات – وربما المئات – من منتجات البطاطس المصنّعة.

ويحتوى كل ١٠٠ جم من درنات البطاطس المقشرة على ٧٩,٨ جم ماء، و٧٦ سعرًا حراريًّا، و٢,١ جم بروتينًا، و٠,١ جم دهونًا، و١٧,١ جم مواد كربوهيدراتية، و٠,٥ جم أليافًا،و٠,٩ جم رمادًا، و٧ ملليجرام كالسيوم، و٥٣ ملليجرام فوسفورًا، و٠,٦ ملليجرام حديدًا، و٣ ملليجرام صوديوم، و٤٠٧ ملليجرام بوتاسيوم، و٢٢ ملليجرام مغنيسيوم، وآثار من فيتامين أ (فى الأصناف ذات اللب الأبيض)، و٠,١ ملليجرام ثيامين، و٠,٤ ملليجرام ريبوفلافين، و١,٥ ملليجرام نياسين، و٢٠ ملليجرام حامض الأسكوربيك (Watt & Merrill ١٩٦٣).

إن تناول درنة واحدة متوسطة الحجم من البطاطس (يبلغ وزنها حوالى ١٥٠ جم أو يكون قطرها حوالى ٦,٥ سم) يمد الإنسان بالاحتياجات التالية من مختلف العناصر الغذائية:

العنصر الغذائى	مقدار أو نسبة ما تمده الدرنة من الاحتياجات اليومية
السعرات الحرارية	١١٠ (حوالى ٤٪– ٥٪)
البروتين	٣ جم (٦٪)
فيتامين ج	٥٠٪
الثيامين	٨٪
الريبوفلافين	٢٪
النياسين	١٠٪
الحديد	٨٪
فيتامين ب٦	١٥٪
حامض الفوليك	٨٪
الفوسفور	٨٪
المغنيسيوم	٨٪
الزنك	٢٪
النحاس	٨٪
حامض البانتوثينك	٤٪
اليود	١٥٪
فيتامين أ والكالسيوم	< ٢٪
المواد الكربوهيدراتية	٢٣ جم
الدهون	صفر
الألياف	٠,٢٧ جم
البوتاسيوم	٧٥٠ مجم

وقد أظهرت نتائج تحليل درنات عدة مئات من أصناف البطاطس المتوسطات التالية لمكونات القيمة الغذائية:

البروتين: ١,٥٢ ٪
الفوسفور: ٤١,٣ مجم/ ١٠٠جم
حامض الأسكوربيك: ١٦,٦ مجم/١٠٠ جم
الكالسيوم: ٣٩٠,١ مجم/١٠٠جم
المغنيسيوم: ١٨,٧ مجم/ ١٠٠ جم
المادة الجافة: ٢٢,٧٪

(Furudate وآخرون ١٩٩٨).

هذا .. ويزيد إنتاج البطاطس— من وحدة المساحة — من السعرات الحرارية — عن القمح بنسبة ٧٥٪ والأرز بنسبة ٥٨٪؛ ومن البروتين عن القمح بنسبة ٥٤٪ وعن الأرز بنسبة ٧٨٪ (Potato Association of America — الإنترنت — ٢٠٠٦).

وعلى الرغم من أن وحدة المساحة من البطاطس تُنتج مادة جافة وبروتينًا أكثر مما تنتجه مساحة مماثلة من محاصيل الحبوب الرئيسية التى يعتمد عليها العالم فى غذائه (جدول ١-١)، إلا إن الإنسان يحتاج إلى أن يستهلك من البطاطس ثلاثة أضعاف ما يستهلكه من الحبوب لكى يحصل على نفس عدد السعرات الحرارية، وذلك بسبب انخفاض نسبة المادة الجافة فى البطاطس، بالمقارنة بالحبوب (Gray & Hughes ١٩٧٨).

جدول (١-١): مقارنة بين البطاطس ومحاصيل الغذاء الرئيسية فى العالم من حيث كمية المادة الجافة والبروتين التى تنتج من وحدة المساحة.

المحصول	الكمية المنتجة (طن / هكتار)	
	المادة الجافة	البروتين
القمح	١,٣٠	٠,١٥٦
الأرز	١,٩٧	٠,١٧٢
الذرة	٢,١٣	٠,٢٢٤
الشعير	١,٤٦	٠,١٤٨
الدُخن — الذرة الرفيعة	٠,٧٣	٠,٠٦٦
البطاطس	٢,٩٣	٠,٢٢٦
البطاطا — اليام	٣,٨٢	٠,٢٨٠
الكاسافا	٤,٩٢	٠,١١٥
فول الصويا	٢,٦٢	١,٠٤٣

وبمقارنة البطاطس مع الخبز وزنًا بوزنٍ من حيث القيمة الغذائية، يتضح ما يلى:

١– تحتوى البطاطس على نحو ثلث ما يحتويه الخبز من السعرات الحرارية.

٢– تتساوى البطاطس مع الخبز فى كلٍّ من البروتين ومجموعة فيتامينات ب.

٣– يعد كلاهما فقيرًا فى فيتامين أ.

٤– تعتبر البطاطس الحديثة الحصاد أغنى من الخبز فى فيتامين ج.

٥– تتساوى البطاطس مع الخبز أو تتفوق عليه كمصدرٍ للحديد، لكن كليهما يعد فقيرًا فى كلٍ من الفوسفور والكالسيوم.

ومن جهة أخرى.. نجد أن حقلاً من القمح يُتحصَّل منه على نحو ٦٣٪ من السعرات الحرارية التى يمكن الحصول عليها من حقل مساوٍ من البطاطس إذا استخدم الدقيق الأبيض فى صناعة الخبز. وتزداد هذه النسبة إلى ٨١٪ عند استخدام الدقيق الكامل فى صناعة الخبز.

ونظرًا لأن البطاطس تعتبر أحد محاصيل الخضر القليلة التى يمكن أن يستهلكها الإنسان بكميات كبيرة نسبيًّا؛ لذا .. فإنها يمكن أن تشكل مصدرًا هامًّا لعديدٍ من العناصر الغذائية. وقد كان مزارعو أيرلندا يستهلكون البطاطس فى القرنين الثامن عشر والتاسع عشر بمعدل نحو أربعة كيلو جرامات للفرد يوميًّا. وتكفى هذه الكمية لإمداد الإنسان بكافة احتياجاته اليومية من السعرات الحرارية، والبروتين، والمعادن، والفيتامينات، فيما عدا فيتامينى أ، د (Burton ١٩٤٨).

المادة الجافة والنشا والمحتوى الكربوهيدراتى

تتراوح نسبة المادة الجافة فى درنات البطاطس بين ١٦٪ و٢٢٪ وقد تقل عن هذا المدى، أو تزيد عليه فى أصناف معينة. وينخفض محتوى المادة الجافة فى الجلد، والقشرة الخارجية، والنخاع، مقارنة بالأجزاء الأخرى للدرنة، ويبلغ تركيز المادة الجافة أعلى مداه حول الحزم الوعائية، كما يكون تركيزها أعلى قليلاً عند الطرف القاعدى للدرنة، مقارنة بالطرف القمى.

وتتراوح نسبة النشا فى درنات البطاطس من ١٢,٤٪ إلى ١٧,٨٪ حسب الصنف وظروف الإنتاج، أما نسبة السكريات، فتتراوح بين ٠,٢٪ و٦,٨٪.

وعلى الرغم من أن نشا البطاطس النيئة يُعد مقاومًا للهضم، فإنه يصبح قابلاً للهضم السريع عند اكتمال الطهى.

هذا.. ويزيد الـ glycemix index (مؤشر نسبة السكر فى الدم) لمعظم منتجات البطاطس المصنعة؛ الأمر الذى لا يكون مناسبًا للمصابين بالبدانة أو بالسكر من الطراز الثانى (Dupuis & Liu ٢٠١٩).

البروتين

يبلغ المحتوى البروتينى فى درنات البطاطس — على أساس الوزن الجاف — حوالى ١٠٪ (النيتروجين الكلى × ٦,٢٥)؛ وبذا.. فهو يماثل المحتوى البروتينى فى القمح ويزيد عما فى الأرز والذرة. ويمكن أن تُنتج البطاطس كمية من البروتين من وحدة المساحة تزيد عما ينتجه أى محصول آخر باستثناء فول الصويا. ويتميز بروتين البطاطس باحتوائه على نسبة أعلى من الحمض الأمينى الضرورى ليسين lysine عما فى معظم الحبوب؛ ولذا فهى تكمل معظم الحبوب الأخرى فى القيمة الغذائية. هذا إلاّ أن بروتين البطاطس ينخفض محتواه من الأحماض الأمينية التى تحتوى على الكبريت (المثيونين methionine، والسيستين cysteine) عما فى الحبوب.

يتكون النيتروجين الكلى فى درنات البطاطس من بروتين ذائب، وبروتين قابل للتجلط coagulable protein، وبروتين غير ذائب، ونيتروجين ذائب غير بروتينى. ويتشكل البروتين الذائب غير البروتينى من أحماض أمينية حرة وأميدات amides (أسباراجين asparagine، وجلوتامين glutamine)، وكمية صغيرة من النيتروجين النتراتى nitrate، ومركبات نيتروجينية قاعدية، وأحماض نووية، وألكالويدات.

وفى هولندا.. يوجه حوالى ٥٠٪ من إنتاج البطاطس فيها لصناعة النشا، ومن عملية استخلاص النشا يتم كذلك استخلاص البروتين الذى يُستخدم كإضافة للعلائق.

وتوجد اختلافات وراثية بين أصناف البطاطس فى محتوى درناتها من البروتين الذى وجد فى إحدى الدراسات أنه يتراوح من ٦,٢٥٪ إلى ١٥٪ (على أساس الوزن الجاف) فى الأصناف المختلفة. ويزيد النيتروجين الكلى فى درنات البطاطس بزيادة التسميد الآزوتى (عن Rouchaud وآخرين ١٩٨٦).

يحتوى بروتين البطاطس على كميات كبيرة من جميع الأحماض الأمينية، فيما عدا تلك المحتوية على الكبريت، وهى المثيونين methionine، والسيستاين cystine، ولكن بروتين البطاطس غنى فى الحامض الأمينى الضرورى ليسين lysine الذى تفتقر إليه محاصيل الحبوب. ويتساوى بروتين البطاطس مع البروتين الحيوانى فى نسبة ما يحتويه كل منهما من الليسين.

ويعادل بروتين البطاطس بروتين فول الصويا فى قيمته البيولوجية؛ حيث يبلغ فى المتوسط ٧٠٪ من القيمة البيولوجية لبروتين البيض. ويبين جدول (١-٢) مقارنة بين بروتين البطاطس وبروتين عدد من الأغذية الأخرى، والأحماض الأمينية التى تفتقر إليها كل منها.

ويتكون البروتين الذائب من نوعين هما: التيوبرين tuberin، والتيوبرينين بنسبة ٧٠٪ و٣٠٪، على التوالى، وهما يتشابهان فى محتوى كلٍّ منهما من الأحماض الأمينية.

وكما أسلفنا.. تتباين أصناف البطاطس كثيرًا فى محتوى درناتها من البروتين، وتتراوح تقديرات مدى المحتوى من نحو ٣,٥٪ إلى ٢٣٪ على أساس الوزن الجاف، إلاّ أن المدى يتراوح فى معظم الأصناف بين ٨٪، و١٢٪.

ويوجد ارتباط موجب بين التسميد الآزوتى ومحتوى النيتروجين الكلى بالدرنات، وتكون نسبة كبيرة من الزيادة على صورة أحماض أمينية حرة. وعمومًا فإن العبرة هى فى المحتوى البروتينى القابل التجلط، وهو الذى يرتبط جوهريًا مع كل من نسبة المادة الجافة (r = ٠,٧٥٦)، ومحصول المادة الجافة (r = ٠,٣٠٩)، والمحصول الكلى (r = ٠,٦١٥)، ومحتوى النشا، كما أنه يرتبط سلبيًّا بالتبكير فى النضج (r = ٠,٣٦١) (Dale & Mackay ١٩٩٤).

جدول (١–٢): القيمة البيولوجية لبروتين البطاطس، مقارنة ببروتين عددٍ من الأغذية الهامة الأخرى (عن Horton & Sawyer ١٩٨٥).

الغذاء	القيمة البيولوجية[أ]	الأحماض الأمينية المحدّدة[ب]
البيض	١٠٠	—
السمك	٧٥	التربتوفان
البطاطا	٧٥	المحتوية على الكبريت
الأرز	٧٥	الليسين
البطاطس	٧٠	المحتوية على الكبريت
بذور دوار الشمس	٧٠	المحتوية على الكبريت
دقيق فول الصويا	٧٠	الليسين
دقيق الفول السودانى	٧٠	المحتوية على الكبريت
حليب البقر	٦٠	المحتوية على الكبريت
الدُخن	٦٠	الليسين
البسلة	٦٠	المحتوية على الكبريت
دقيق القمح	٥٠	الليسين
دقيق الذرة	٤٥	التربتوفان
الفاصوليا الجافة	٤٢	المحتوية على الكبريت
الكاسافا	٤٠	المحتوية على الكبريت

أ– تمثل القيمة البيولوجية نسبة استفادة الجسم من البروتين بسبب وجود نقص نسبى فى واحد أو أكثر من الأحماض الأمينية فى البروتين. يلاحظ أن بروتين البيض يُستفاد منه بصورة كاملة لوجود جميع الأحماض الأمينية فيه فى حالة توازن تام.

ب– الأحماض الأمينية المحدِّدة لمدى استفادة الجسم من البروتين بسبب نقصها النسبى فيه.

وتختلف نسبة البروتين فى البطاطس الطازجة عنه فى البطاطس المعدة للأكل بطرقٍ مختلفةٍ؛ فهى تبلغ (على أساس الوزن الطازج) ١,٩٦٪ فى البطاطس الطازجة، و١,٩٣ فى البطاطس المعلبة، ٢,٤٣٪ فى البطاطس المجهزة فى الفرن، و٣,٧٣٪ فى البطاطس المحمرة. ويرجع ذلك إلى اختلاف البطاطس المعدة بالطرق المختلفة فى محتواها من الرطوبة.

ولا يشكل البروتين سوى ٢٨٪ – ٥١٪ من النيتروجين الكلى فى درنات البطاطس. ويعنى ذلك أن البطاطس تعتبر غنية نسبيًّا فى الأحماض الأمينية الحرة، ومن أهمها: التيروزين tyrosine الذى يزيد تركيزه الحر عما هو موجود فى دقيق القمح الكامل، والأرجينين arginine الذى يوجد بتركيز مرتفع، والليسين lysine، والهستدين histidine. وتعتبر البطاطس فقيرة نسبيًّا فى الحامضين الأمينيين: ميثيونين methionine، وسيستاين cystine (Smith ١٩٦٨).

ويمكن القول إجمالاً إن المحتوى النيتروجينى لدرنات البطاطس يتراوح بين ٠,١١٪ و٠,٥٨٪ وأن البروتين الذائب يشكل نحو ٣٠٪ –٥٠٪ من هذه الكمية، بينما تشكل المواد البروتينية غير الذائبة حوالى ١٠٪، أما بقية الكمية، فتوجد غالبًا على صورة أميدات، وتشكل مع حامضين أمينيين (هما الجالوتامين، والأسبارجين) أكثر من ٥٠٪ من النيتروجين غير البروتينى.

وتُعد البطاطس من الأغذية المتوازنة فيما يتعلق بنسبة محتواها من البروتين إلى محتواها من السعرات الحرارية، بحيث إذا تم تناول كمية تكفى لمد الجسم بقدرٍ جوهرى من السعرات الحرارية، فإنها تمده – كذلك – بقدر معنوى من البروتين؛ وهى تتفوق فى هذا الشأن على غيرها من المحاصيل الدرنية الأخرى.

الفيتامينات

ترتفع نسبة الكاروتين فى درنات البطاطس ذات اللون الداخلى الأصفر كثيرًا عما فى الدرنات البيضاء؛ فتبلغ نحو ١٣٨ ملليجرام بكل مائة جرام فى الصفراء، بينما لا تتعدى ٠,٠٢١ ملليجرام فى كل مائة جرام من البيضاء.

عندما أُجرى تقييم شمل ٦٠ صنفًا من البطاطس تضمنت أصنافًا تجارية ونادرة وتاريخية.. كان أعلى محتوى من الكاروتينويدات فى الصنف Burren الذى بلغ محتواه ٢٨، و٩ مجم/كجم من الوزن الجاف فى الجلد واللب، على التوالى. وبينما ازداد محتوى الكاروتينويدات – كذلك – فى الأصناف ذات الجلد أو اللب الأصفر عما

فى الأصناف البيضاء أو الأفتح لونًا، فإنه لم تظهر أى علاقة بين المحتوى والألوان الأخرى. أما حامض الأسكوربيك فكان محتواه أعلى ما يمكن فى الصنف Nicola الذى بلغ محتواه ٨٠٠ مجم من حامض الأسكوربيك/كجم من الوزن الجاف باللب (Valcarcel وآخرون ٢٠١٥).

ويتباين كثيرًا محتوى درنات البطاطس من حامض الأسكوربيك باختلاف الصنف ومنطقة الزراعة. فمثلاً وجد Mullin وآخرون (١٩٩١) — فى كندا — أن المدى تراوح فى سبعة أصناف من البطاطس بين ١٢,٤، و١٨,١مجم/١٠٠جم. وقد سبقت الإشارة إلى أن المتوسط العام لمحتوى البطاطس من حامض الأسكوربيك (فيتامين ج) يبلغ ٢٠ ملليجرام فى كل مائة جرام، إلا ان هذه النسبة ترتفع إلى ٢٦ ملليجرام ٪ فى الدرنات الحديثة الحصاد، وتنخفض مع التخزين إلى النصف فى خلال ثلاثة أشهر، وإلى الثلث بعد ثلاثة أشهر أخرى.

كما يتأثر محتوى الدرنات من فيتامين ج ببعض معاملات المبيدات الحشرية؛ فمثلاً تؤدى المعاملة بالألديكارب Aldicarb إلى زيادة الفيتامين فى الدرنات بنحو ٢٠٪ ويستمر تأثير المعاملة واضحًا خلال التخزين فى المخازن المبردة.

ويستدل من دراسات Mondy وآخرين (١٩٩٣) على أن محتوى درنات البطاطس من حامض الأسكوربيك يزداد عند التسميد بكبريتات الزنك بمعدل ١١٢ كجم/هكتار.

ويصل تركيز فيتامين ج فى الدرنات إلى أعلى مستوى له عند بداية اصفرار الأوراق، ثم ينخفض بعد ذلك إذا تأخر الحصاد. وهو يوجد فى صورتيه: المختزلة (حامض الأسكوربيك Ascorbic acid)، والمؤكسدة (دى هيدرو حامض الأسكوربيك Dehydro ascorbic acid)، وتوجد الصورة الأخيرة بنسبة صفر — ١٤٪ فقط، ولا يستفيد منها الجسم؛ لأنها تتحول عند الطهى إلى حامض داى كيتو جيولونك Diketogulonic acid؛ وهو حامض لا يختزل ثانية إلى حامض الأسكوربيك؛ وبذا يعد تكوّنه فقدًا لجزء من محتوى الدرنة من الفيتامين (Gray & Hughes ١٩٧٨).

وعلى الرغم من أن البطاطس تُعد من الأغذية الفقيرة فى النياسين، إلا أنها تعد من أغنى محاصيل الخضر فى هذا الفيتامين، كما تحتوى البطاطس على كميات محسوسة من البيريدوكسن Pyridoxin، وفيتامين ك (K)، والبيوتين biotin، والإنوسيتول Inositol، وحامض البانتوثينك Pantothenic acid.

وتتباين أصناف البطاطس كثيرًا فى محتواها من حامض الفوليك، إلاّ إنها تشترك معًا فى ارتفاع محتوى درناتها الجديدة الصغيرة new potato من الحامض، الذى ينخفض — تدريجيًا — ليصل إلى أدنى مستوى له عند الحصاد، علمًا بأن مستوى حامض الفوليك يزيد فى الدرنات الصغيرة بمقدار ٢,٦ — ٣,٤ أمثال مستواه فى الدرنات التى أكملت تكوينها (Goyer & Navarre ٢٠٠٩).

وعمومًا.. فإن البطاطس تُعد مصدرًا جيدًّا للفيتامينات، والتى منها: حامض الأسكوربيك، والثيامين، والنياسين، والبيرودوكسين، ومجموعة فيتامينات B_6، وحامض الفوليك، وحامض البانتوثنك pantothenic acid (فيتامين B_5)، والريبوفلافين.

وقد وُجد أن محتوى فيتامين C فى درنات البطاطس يتراوح بين ٨٤، و١٤٥ مجم/١٠٠جم وزن جاف، إلا أن محتوى درنات معظم الأصناف يتراوح بين ١٥، و٢٥ مجم/١٠٠ جم وزن طازج (Dale & Mackay ١٩٩٤).

هذا.. وكل ١٠٠ جم من البطاطس المسلوقة تمد الفرد البالغ بالنسب المئوية التالية من احتياجاته اليومية من مختلف الفيتامينات: حامض الأسكوربيك ٥٠٪، والثيامين ٨٪ — ١٠٪، والنياسين ٨٪ — ١٠٪، وفيتامين ب٦ ١٠٪ — ١٢٪، وحامض الفوليك ٦٪، وحامض البانتوثنيك ٤٪ — ٨٪ (عن Horton & Sawyer ١٩٨٥).

العناصر

تحتوى البطاطس على معظم العناصر التى يفتقر إليها اللبن (الحليب)؛ مثل: الحديد، والنحاس، والمنجنيز، واليود. وهى تعد مصدرًا جيدًا لكلٍ من : البوتاسيوم، والفوسفور، والحديد، والمغنيسيوم، ولكنها فقيرة فى الكالسيوم (جدول ١— ٣).

جدول (١–٣): محتوى درنات البطاطس من العناصر (ملليجرام/١٠٠) (Talburt & Smith ١٩٥٩)

العنصر	المحتوى	العنصر	المحتوى
الفوسفور	١٦٦– ٣١٤	البورون	٤,٥– ٨,٦
الكالسيوم	٣٢– ٨٨	السيلينيم	٥,١– ١٧,٣
المغنيسيوم	٦٥ – ١٣٦	المنجنيز	٠,٦– ٨,٥
الصوديوم	٢٦ – ٣٣٢	الفلور	٠,٦– ٨,٥
البوتاسيوم	١٨١١– ٢٤٣٠	اليود	٠,٠٢– ٠,٥٦
الحديد	٢,٦– ١٠,٥	الليثيم	آثار
الكبريت	١٠٩– ٢١٣	الألومنيوم	٢,٩– ٨,٨
الكلور	١١٢– ٥٣٠	الخارصين	٠,٣
الزنك	١,٧– ٢,٢	الموليبدنم	٠,٢٦
البروم	٤,٨– ٨,٥	الكوبالت	٠,٢٦
النحاس	٠,٤– ١,٠	النيكل	٠,٢٦

ولقد أحدث نقع درنات البطاطس لمدة ١٢ ساعة فى محلول زنك بتركيز ١٠ مجم Zn لكل مل زيادة كبيرة فى محتوى نسيج قشرة الدرنات (cortex) من الزنك الميسر بيولوجيًّا (Carmona وآخرون ٢٠١٩).

الأحماض العضوية

تحتوى البطاطس على عدد من الأحماض العضوية من أهمها: حامض الأوكساليك oxalic، والستريك citric، والماليك malic، والصكّنك succinic، والطرطريك tartaric (Hardenburg ١٩٤٩).

تأثير طرق الطهى على المحتوى الغذائى للبطاطس

يُحسِّن الطهى من الأمان الغذائى food safety وصفات الجودة الحسية، مثل القوام والطعم والمذاق، علمًا بأن بعض المركبات الكيميائية التى تُكسب البطاطس طعمها المميز —

مثل الجليكوألكالويدات، والفينولات، ومركبات الأومامى umami compounds – تتأثر كذلك بعمليات الطهى. ويمكن لطرق الطهى المختلفة — مثل الغلى فى الماء، والتسوية فى الفرن وفى الميكرويف، والقلى — أن تؤثر فى القيمة الغذائية وتؤدى إلى تكوين مركبات مضادة للتغذية، مثل الأكريلاميد acrylamide. ومن بين الطرق التى تحد من التفاعلات غير المرغوب فيها أثناء الطهى — مع استمرار تعزيز التيسر البيولوجى للعناصر المغذية — الطهى على حرارة منخفضة نسبيًّا ولفترة قصيرة، والطهى تحت تفريغ (Jayanty وآخرون ٢٠١٩).

الأهمية الطبية

ذكر أن للبطاطس أهمية طبية لما تحتويه من مركبات لها تأثيرات كمضادات أكسدة antioxidants وخافضات لكوليسترول الدم hypocholestrolemic، ومضادات للالتهابات anti-inflammatory، ومضادات للسمنة antiobesity، ومضادات سرطانية anticancer، ومضادات لزيادة السكر antidiabetic. وما تحتويه الدرنات من فينولات، وألياف، ونشا، وبروتين، وحتى ما تحتويه من مركبات تُعد من مضادات التغذية antinutritional، مثل الجليكوألكالويدات glycoalkaloids، واللكتينات lactins ومثبطات إنزيمات تحليل البروتين proteinase inhibitors.. يُعتقد بأن لها إسهامات صحية (Visvanathan وآخرون ٢٠١٦).

إن التهاب الأمعاء المزمن يؤدى إلى التسبب فى مجموعة من الأمراض، منها مرض التهاب الأمعاء inflammatory bowel disease، وسرطان القولون، والبدانة، وأمراض القلب والأوعية الدموية، والسكر من الطراز الثانى. ونجد أن البطاطس تحتوى على مركبات مضادة للالتهابات مثل النشا المقاوم resistant starch، والألياف، والصبغات الأنثوسيانينية التى تكثر فى بعض أصناف أمريكا الوسطى والجنوبية (Reddivari وآخرون ٢٠١٩).

وتجدر الإشارة — كذلك — إلى أن استهلاك البطاطس يقلل من خطورة بعض الأمراض المزمنة، مثل ضغط الدم ودهون الدم. وفى المقابل فإن زيادة استهلاكها قد تؤدى

إلى البدانة والإصابة بالسكر من الطراز الثانى بما يُعتقد بأن مرجعه إلى تأثير البطاطس فى زيادة مستوى السكر فى الدم.. أى زيادة الـ glycemic index (Beals ٢٠١٩).

ولقد أُجرى تقييم شمل ٣٥ صنفًا من البطاطس، ووجد أن أكثرها احتواء على مضادات الأكسدة فى درناتها كانت الأصناف Fleur Bleue، و Violetta، و Yona، و Stronga، و Flamenco، ويبدو أن ذلك كان مرده إلى تواجد الصبغات القرمزية والحمراء فى جلد الدرنات ولبها (Seijo-Rodriguez وآخرون ٢٠١٨).

مصادر إضافية

من المصادر الإضافية التى يمكن الرجوع إليها لمواضيع هذا الفصل، ما يلى:

Wijesinha-Bettoni & Mouillé (٢٠١٩): بخصوص إسهام البطاطس فى توفير الأمن الغذائى الصحى والعناصر المغذية.

Reddivari وآخرون (٢٠١٩): بخصوص البطاطس كغذاء مضاد للالتهابات.

Jayanty وآخرون (٢٠١٩): بخصوص تأثير طرق الطهى على المحتوى الغذائى للبطاطس.

Beals (٢٠١٩): بخصوص الأهمية الغذائية والطبية للبطاطس.

Navarre وآخرون (٢٠١٩): بخصوص الأهمية الغذائية والطبية ومحتوى البطاطس من مختلف المركبات ذات الأهمية الطبية.

Dupuis & Liu (٢٠١٩): بخصوص نشا البطاطس وخصائصه الفيزيائية الكيميائية، ووظائفه وأهميته الغذائية والطبية، وتأثير مختلف عمليات طهى وتصنيع البطاطس على تلك الخصائص.

الفصل الثانى

الوصف النباتى

تعتبر البطاطس من النباتات العشبية، وهى حولية بالنسبة لأجزائها الهوائية، ومعمرة بالنسبة لأجزائها الأرضية، لكن زراعتها تجدد سنويًّا. ويوضح شكل (٢-١) النمو النباتى الكامل لنبات البطاطس.

مراحل النمو

يمر نبات البطاطس بأربع مراحل للنمو من الزراعة إلى الحصاد، كما يلى (شكل ٢-٢):

١- النمو الخضرى Vegetative Growth: يستمر من بداية الإنبات إلى حين تكوين ٨-١٢ ورقة.

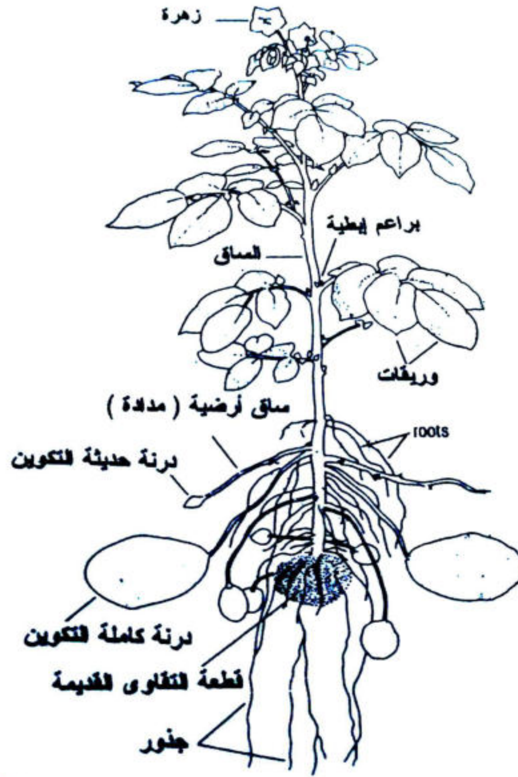
٢- بداية تكوين الدرنات Tuber Initiation: تبدأ الدرنات فى التكوين فى أطراف السيقان الأرضية Stolons، ويستمر النمو الخضرى للنبات.

٣- نمو الدرنات Tuber Growth: يوجه معظم الغذاء المجهز نحو الدرنات المتكونة، والتى تزداد تدريجيًّا فى الحجم.

٤- اكتمال تكوين الدرنات Maturation: يزداد جلد (بيريدرم Periderm) الدرنة فى السمك، وتصل نسبة المادة الجافة إلى حدها الأقصى، ويبدأ النمو الخضرى فى الشيخوخة.

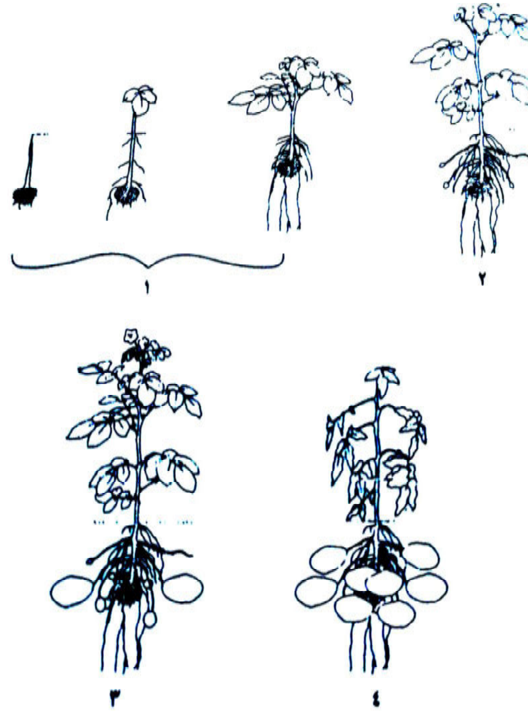
المجموع الجذرى

هند زراعة البطاطس بالبذور الحقيقية، فإنه ينمو من البذرة جذرًا وتديًّا أوليًّا، لا يلبث أن تتفرع منه جذور جانبية كثيرة تتفرع هى الأخرى إلى أن يتكون فى النهاية مجموع جذرى ليفى.



شكل (٢-١): رسم تخطيطى لنبات البطاطس بأجزائه الهوائية والأرضية (عن University California ١٩٨٦).

أما عند التكاثر بالدرنات — وهى الطريقة التجارية لتكاثر البطاطس — فتتكون للنبات جذور عرضية تخرج فى مجاميع، وتتكون كل مجموعة من ثلاثة جذور تنشأ أعلى مستوى العقد مباشرة فى الجزء الموجود تحت سطح التربة من ساق النبات. ومع استمرار تكوّن ونمو هذه الجذور يتكون للنبات مجموع جذرى ليفى. وعلى الرغم من أن الجزء الأكبر من المجموع الجذرى يوجد فى الثلاثين سنتيمترًا العلوية من التربة، إلا أن الجذور قد تتعمق لمسافة ١٥٠ سم، كما قد يصل الامتداد الأفقى لمسافة ٦٠ سم أو أكثر، ويكون تفرعها كثيفاً. وتنو معظم الجذور أفقيًّا لمسافة ٢٠-٤٠ سم قبل أن تنمو عموديًا إلى أسفل، بينما تبقى المنطقة الموجودة تحت النبات مباشرة خالية نسبيًّا من الجذور (Weaver & Bruner ١٩٢٧، و Smith ١٩٦٨).



شكل (٢-٢): مراحل نمو نبات البطاطس من الزراعة إلى الحصاد

وقد وجد Iwama وآخرون (١٩٩٣) أن الطول الكلى للنمو الجذرى لنبات البطاطس فى وحدة المساحة من الأرض يتأثر بكلٍّ من الصنف وكثافة الزراعة، فعندما قورنت كثافات زراعة ٢,٤، و٤,٨، و ٩,٦ نباتًا/متر مربع كان الطول الكلى للنمو الجذرى بعد ٩٠ يومًا من الزراعة وحتى عمق ١٠٠ سم — على التوالى — ١٢,٥، و١٥,٩، و٢٤,١ كم/م^{2} فى الصنف نورين Norin، و٦,٤، و٧,٠، و١٠,٤ كم/ م^{2} فى الصنف كونافوباكى Konafubaki، وكان معظم هذه الاختلافات فى طول الجذور إلى الاختلافات التى ظهرت فى تلك الصفة فى الثلاثين سنتيمترًا العلوية من التربة. وقد ظهر ارتباط ايجابى معنوى بين الطول الكلى للنمو الجذرى وبين كلٍّ من صفتى دليل مساحة الورقة ومعدل نمو الدرنات.

السيقان الهوائية

عند زراعة درنة البطاطس نجد أن براعم العين الطرفية للدرنة تنمو قبل البراعم الأخرى، كما يسود البرعم الوسطى للعين الطرفية على باقى براعم العين. ويطلق على هذه الظاهرة اسم السيادة القمية apical dominance. وإذا أزيل البرعم الوسطى بالعين الطرفية، أو إذا أزيلت هذه العين كلها، فإن جميع البراعم الأخرى تنمو فى آنٍ واحدٍ. وتعرف النموات التى تتكون على الورقة عند إنباتها باسم Sprouts، ويكون أقواها هو النبت الذى ينمو من البرعم الوسطى للعين الطرفية بالدرنة. وتنمو قمة النبات لأعلى؛ مخترقة التربة؛ حيث يخضر لونه عند تعرضه للضوء، ويكوّن الساق الهوائية.

تنمو سيقان معظم أصناف البطاطس قائمةً حتى إزهار النبات حينما تتكون العناقيد الزهرية فى القمم النامية للسيقان، وحينئذٍ تزول السيادة القمية، وينمو عديد من البراعم السفلية الجانبية لتكوّن سيقانًا جديدة. وبمرور الوقت يؤدى ثقل الأفرع الجانبية إلى تدلى الساق الأولية لأسفل؛ فيبدو النبات وكأنه نصف مفترش. تشكل الفروع الجانبية نحو ثلثى المساحة الورقية، وكذلك نحو ثلثى وزن قمة النبات. وقد تتفرع هى الأخرى فى الظروف المناسبة للنمو، معطية نموات ثانوية وعناقيد زهرية جديدة.

يصل طول السيقان الرئيسية إلى نحو ٣٠-٩٠ سم فى الأصناف المختلفة. وتكون الساق مستديرة المقطع تقريبًا فى المراحل الأولى من حياة النبات، ثم تصبح مثلثة أو مربعة بعد ذلك. وتنمو على السيقان الحديثة حواف أو أجنحة على شكل زوائد ممتدة طوليًّا. وتصبح الساق مجوفةً عند النضج فى معظم الأصناف، لكن العقد تظل مصمتة ويكون لون الساق أخضر أو قرمزيًّا.

تتشابه سيقان البطاطس الهوائية فى نموها مع أصناف الطماطم المحدودة النمو؛ فتحمل العناقيد الزهرية فى القمم النامية للسيقان، وقد يكمل الساق نموه لفترة محدودة من البرعم الإبطى الميرستيمى الذى يلى العنقود الزهرى مباشرة، ويعطى عند نموه فرعًا جديدًا يبدو كأنه امتداد للساق الأصلية، لكن ذلك الوضع لا يستمر لفترة طويلة؛ حيث لا يلبث النبات أن يكمل نموه بتكوين فروع جانبية من البراعم الإبطية السفلية التى توجد على ساق النبات.

المدادات أو السيقان الأرضية

يبدأ تكوين المدادات أو السيقان الأرضية Stolons بعد نحو ٧–١٠ أيام من ظهور السيقان الهوائية بعد الإنبات، ويكون طولها حينئذٍ حوالى ١٠ سم. وهى عبارة عن سيقان أرضية جانبية أسطوانية الشكل تنمو من البراعم التى توجد عند العقد السفلية لساق النبات تحت سطح التربة. ويبدأ تكوّن أول المدادات عند أول عقدة على الساق، ثم يتبعها تكوّن بقية المدادات عند العقد الأعلى بصورة تدريجية. وتنمو فى البداية ساق أرضية واحدة عند كل عقدة، لكن قد ينمو غيرها بعد ذلك. ويمكن للساق الأرضية أن تنمو فى اتجاه الجاذبية الأرضية أو عكسه؛ حسب الظروف التى تتعرض لها؛ أى إنها تُعد digeotropic.

تختلف المدادات فى الطول — حسب الصنف (Kratzke & Palta ١٩٩٢) — من أقل من ٢,٥ سم إلى ٤٥ سم أو أكثر فى بعض الأصناف التجارية فى أمريكا الجنوبية، وقد يصل طولها فى بعض الأنواع البرية إلى ٤,٥–٦ أمتار، لكنها تبلغ فى المتوسط نحو ١٠ سم طولاً فى معظم الأصناف التجارية. وقد تتفرع المدادات أو لا تتفرع. ويختلف عددها وطولها وقطرها باختلاف الأصناف والظروف البيئية، ولكن طول المدادات لا يرتبط بحجم الدرنات، أو لونها، أو موعد نضجها.

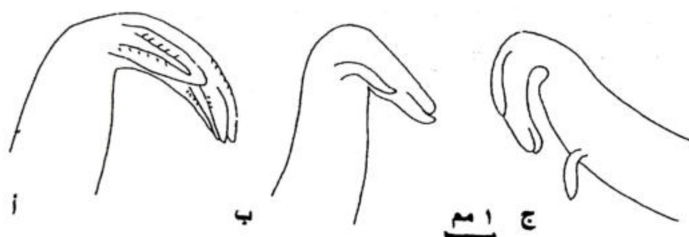
وعند التكاثر بالبذور الحقيقية نجد أن المدادات تتكون فى آباط الأوراق الفلقية والأوراق الأولى على النبات أعلى سطح التربة، ثم تنحنى لأسفل إلى أن تصل إلى التربة؛ حيث تنمو فيها مثل السيقان الأرضية الأخرى.

وأهم ما يميز السيقان الأرضية أن سلامياتها طويلة، وقمتها ملتوية نحو القاعدة hooked، وتحمل عددًا من الأوراق الحرشفية التى تُرتَّب ترتيبًا حلزونيًّا (شكل ٢–٣). وتتكون الدرنات بحدوث تضخم أو انتفاخ فى أطراف المدادات أو تفرعاتها، لكن ذلك لا يحدث فى كل المدادات؛ حيث يظل بعضها دون انتفاخٍ. وإذا تعرضت السيقان الأرضية للضوء، فإنها تنمو إلى أفرعٍ خضرية، ولا تتكون درنات فى أطرافها.

الدرنات

تعتبر الدرنات نوعًا ثالثًا من السيقان التى توجد فى نبات البطاطس؛ فهى ساق متحورة إلى عضو تخزين، وتنشأ فى قمة ساقٍ أرضية. يبدأ وضع الدرنات غالبًا فى نهاية

فترة تكوين البراعم الزهرية فى الأصناف المبكرة، وعند تفتح الأزهار، أو بعد ذلك فى الأصناف المتأخرة، لكن لا توجد أية علاقة بين الإزهار ووضع الدرنات؛ فالأمر لا يتعدى أكثر من الترتيب الزمنى لبعض مراحل النمو والتطور. وقد ينتج النبات أحيانًا عدة عناقيد زهرية قبل أن يبدأ فى وضع الدرنات فى الظروف غير المناسبة لتخزين الغذاء.



شكل (٢–٣): التباين فى شكل القمة النامية للسيقان الأرضية فى صنف البطاطس أران بايلوت Arran Pilot. لاحظ انحناء القمة، ووجود الأوراق الحرشفية بها.

تبدأ جميع درنات النبات فى التكوين خلال فترة أسبوعين، ويضع النبات دائمًا عددًا أكبر بكثير من العدد الذى يصل إلى الحجم الصالح للتسويق. وتظل الدرنات المتكونة أولاً أكبر حجمًا خلال جميع مراحل نموها، وتنمو الدرنات التالية فى التكوين بسرعة أقل، وتكون أصغر حجمًا. أما الدرنات التى يبدأ تكوينها متأخرًا، فإنها تبقى صغيرة ولا يزيد حجمها.

يسمى طرف الدرنة المتصل بالساق الأرضية بالطرف القاعدى attachment end (أو heel end)، ويسمى الطرف الآخر بالطرف القمى rose end أو distal end.

الوصف المورفولوجى

تختلف درنات أصناف البطاطس كثيرًا فى الشكل، والملمس، واللون الخارجى، واللون الداخلى كما يلى:

١– الشكل: يوجد من أشكال الدرنات: الكروى round، والبيضاوى oval،

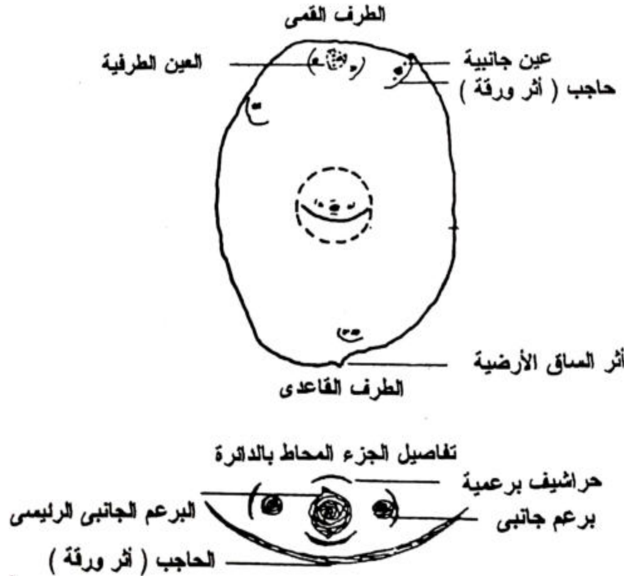
والبيضاوى المدبب pointed (حيث تكون الدرنة مستدقة من طرفها القمى، وعادية فى طرفها القاعدى)، والكلوى.

٢- الملمس: قد يكون جلد الدرنة أملس أو خشنًا أو شبكيًّا.

٣- اللون الخارجى: قد يكون لون جلد الدرنة أبيض، أو أصفر، أوورديًّا، أو قرمزيًّا، أو أزرق، أو أرجوانيًّا، أو خليطاً من لونين من هذه الألوان. وتنتشر الألوان غير العادية فى أمريكا الجنوبية وأمريكا الوسطى؛ حيث موطن البطاطس.

٤- اللون الداخلى: قد يكون لون اللب أبيض أو أصفر، كما هى الحال فى معظم الأصناف التجارية، كما قد يكون أيضًا ورديًّا، أو أزرق.

وتظهر على سطح الدرنة براعم ساكنة فى مجاميع يتكون كل منها من ٣-١٥ برعمًا، وتحاط كل مجموعة بأثر ورقة leaf scar، وهى التى يطلق عليها حاجب العين eyebrow. وتتكون العين eye من مجموعة البراعم والحاجب (شكل ٢-٤).



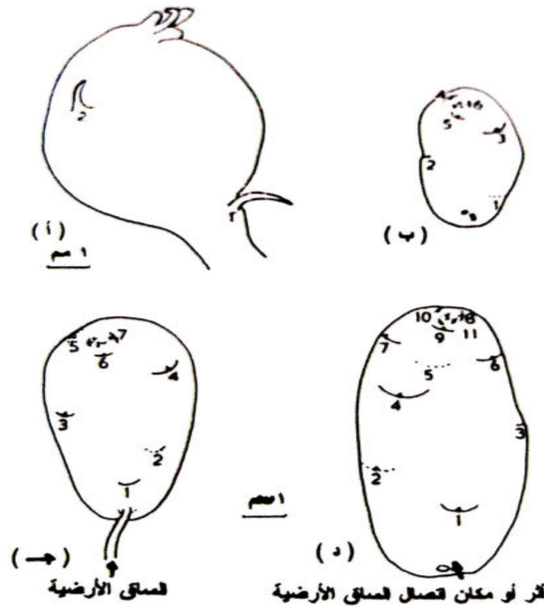
شكل (٢-٤) عيون درنة البطاطس والتركيب التفصيلى للعين (عن Allen ١٩٧٨).

تتجه كل العيون نحو البرعم الطرفى، وتتوزع توزيعًا حلزونيًّا. يتجه الحلزون غالبًا عكس اتجاه عقرب الساعة، وتقترب خطوطه ناحية الطرف القمى للدرنة؛ بسبب تركيز العيون فى هذا الجانب (Smith ١٩٦٨).

التكوين

تتكون الدرنات بتضخم المنطقة تحت القمية sub apical region للساق الأرضية، ويحدث ذلك تقريبًا فى الجزء الملتوى من القمة النامية. ويشتمل التضخم فى البداية على عقدة واحدة من العقد التى توجد فى القمة الميرستيمية. ومع استمرار تضخم قمة الساق الأرضية، يتجه التضخم لأعلى ليشمل عقدة ميرستيمية أخرى. وعليه.. نجد أن أول ورقة حرشفية تكون فى قاعدة الدرنة النامية (العقدة الأولى)، وتظهر الورقة الحرشفية الثانية فى حوالى منتصف الدرنة (عند العقدة الثانية). وعند هذه المرحلة تستقيم قمة الساق الأرضية، ويختفى الالتواء، وتصبح القمة الميرستيمية للساق الأرضية فى وضع طرفى تقريبًا للدرنة الصغيرة المتكونة. ولا يتعدى قطر الدرنة فى هذه المرحلة من النمو أكثر من سنتيمتر واحد، وتحتوى على نحو أربع عقد. ومع استمرار كبر الدرنة فى الحجم، فإنها تشتمل على عقدٍ جديدة بالقرب من القمة الميرستيمية للساق الأرضية، وتكون السلاميات أقصر كلما اتجهنا نحو قمة الدرنة the rose end. ومع ازدياد الدرنة فى الحجم والطول تزداد المسافة بين العقد بعضها وبعض وكذلك بين العقدة الأولى وقاعدة الدرنة attachment end (شكل ٢–٥). أما الدرنات الصغيرة التى لا يكتمل نموها، فإنها لا تحمل سوى مبادئ براعم (Cutter ١٩٧٨).

ويزداد حجم الدرنات بطريقتين؛ هما: الانقسام وتكوين خلايا جديدة، وزيادة الخلايا المتكونة فى الحجم. فتتكون الخلايا الجديدة بانقسام بروكامبيوم procambium الدرنة، وتزداد الخلايا الجديدة تدريجيًّا فى الحجم بعد ذلك. وبعد أن يصل وزن الدرنة إلى ٣٠–٤٠ جم (فى الأصناف ذات الدرنات الكبيرة، مثل: كنيبك Kennebec، ورست بيربانك Russet Burbank) فإن معظم الزيادة فى حجم الدرنة



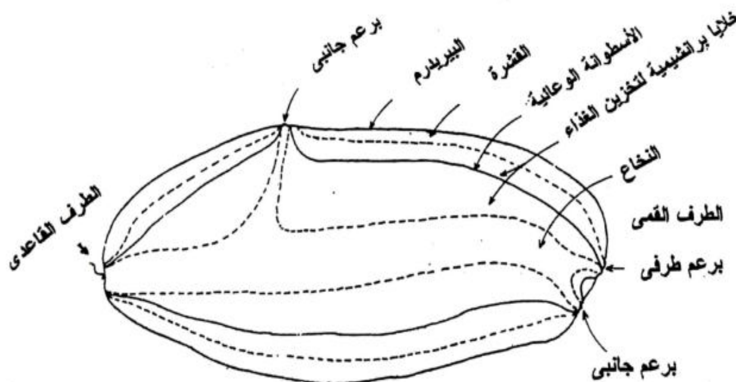
شكل (٢–٥): تطور تكوين درنة البطاطس فى الصنف أران بايلوت **Arran Pilot** كمثال: (أ) الدرنة الصغيرة فى بداية تكوينها وأثناء اشتمال التضخم فى قمة الساق الأرضية على العقدة الثانية. يلاحظ أن قمة الساق الأرضية بدأت تبدو مستقيمة، واختفى فيها الانحناء وهى خمسة أضعاف الحجم الطبيعى (ب–د) درنات تشتمل على ٦، و ٨، و ١١ عقدة على التوالى وهى ١/٢ الحجم الطبيعى. أُعطيت العيون أرقامًا حسب ترتيب تكوينها. العيون المنقطة توجد على الجانب الآخر من الدرنة (عن **Cutter** ١٩٧٨).

بعد ذلك تحدث نتيجة لزيادة حجم الخلايا التى تكونت بالفعل — من قبل — بترسيب المواد الكربوهيدراتية فيها. ويستمر مع ذلك الانقسام فى اللحاء، كما تتكون بعض الخلايا الجديدة بالقرب من خلايا اللحاء الجديدة، خاصة بالقرب من العيون أثناء تكوينها. وتكون معظم الانقسامات بالقرب من نهاية خلايا اللحاء التى تقوم بنقل الغذاء المخزن إلى الدرنة. وتقل خلايا الدرنة فى الحجم بالاتجاه من الطرف القاعدى نحو الطرف القمى (Moorby ١٩٧٨).

التركيب التشريحى

تتكون الدرنة الحديثة غير الناضجة من طبقة البشرة epidermis، وطبقة قشرة عريضة wide cortex، والبيريسيكل pericycle، والحزم الوعائية، والنخاع (شكل ٢-٦). ويلاحظ أن النخاع يمتد ويصل بين طرفى الدرنة وجميع البراعم، وأن القشرة يقل سمكها كثيرًا عند العيون. ومع نضج الدرنة تختفى تدريجيًّا طبقة البشرة، ويحل محلها الفيللم phellum، وهو طبقة من خلايا فلينية، وتصبح طبقة القشرة ضيقة، وتلى البيريدرم periderm مباشرة. وتمتد الحزم الوعائية حتى العيون. ويتضخم النخاع ليكوّن الجزء الأكبر من الدرنة، ويعمل مع القشرة كمخزنٍ للنشا.

تختفى طبقة البشرة الخارجية فى طور مبكر من النمو نتيجة لزيادة حجم الدرنة، وتمزق البشرة تبعًا لذلك، ويحل محلها حزام من الخلايا الفلينية المرتبة جيدًّا بعضها فوق بعض، والتى تنتجها باستمرار طبقة من الخلايا الميرستيمية توجد أسفل منها، وتعرف باسم الكامبيوم الفلينى cork cambium أو الفيللوجين. ويصل سمك طبقة الفلين إلى نحو ١٢٥-١٥٠ ميكرونًا، وتتشبع جدر خلاياها بأحماضٍ دهنيةٍ مشبعة ذات وزن جزيئى مرتفع؛ مما يجعلها غير منفذة للماء، وبذا تحتفظ الدرنة برطوبتها، كما تتراكم أيضًا المركبات الفينولية فى الخلايا الفلينية أثناء تكوينها.



شكل (٢-٦): التركيب التشريحى لدرنة البطاطس.

ويؤدى أى جرحٍ للدرنة إلى تشجيع تكوين فيللوجين جديد بتحفيز انقسام الخلايا البرانشيمية التى توجد تحت الجرح مباشرة، فتنقسم كما لو كانت خلايا ميرستيمية. ويؤدى ذلك إلى التئام الجرح. وتتراكم المواد الفينولية أثناء ذلك فى الأنسجة الجديدة. ومن أهم هذه المواد حامض الكلوروجنيك Chlorogenic acid، وحامض الكافيك Caffeic acid (Sterling ١٩٦٦).

الجلد

عندما تبدأ نهاية الساق الأرضية فى التضخم لتكوين درنة، فإنه يبدأ فى الوقت نفسه تميز جلد، أو بيريدرم periderm الدرنة. فتبدأ طبقة البشرة epidermis– وهى طبقة الخلايا الخارجية – فى تكوين طبقات خلايا البيريدرم؛ وذلك من الخارج إلى الداخل. كذلك تبدأ البشرة الداخلية hypoderms — وهى الطبقة التى تقع تحت طبقة البشرة — فى تكوين طبقات خلايا الهيبودرمز hypodermal layers؛ وذلك من الداخل إلى الخارج.

وبعد ذلك تبدأ طبقات خلايا البيريدرم والهيبودرم فى التسوبر، ويكوّنان معًا الجلد أو البيريدرم. وتعرف الهيبودرمز المنقسمة باسم فللوجين phyllogen. ويكوِّن الفللوجين خلايا برانشيمية نحو الداخل؛ وهى التى تعرف باسم الفللودرم phelloderm.

يتكون البيريدرم من عديدٍ من طبقات الخلايا. ويختلف سمك طبقة البيريدرم وعدد طبقات خلاياها باختلاف الأصناف، وبظروف النمو، خاصة درجة حرارة التربة والرطوبة الأرضية. ففى الصنف رصت بيربانك Russet Burbank يتراوح عدد طبقات خلايا البريدرم فى حرارة ٨–١٥ ْم بين ٧ و ١٢ طبقة يبلغ سمكها ١٠٠–١٤٠ مللى ميكرونًا، بينما يتراوح عددها فى حرارة ٢٤–٢٧ ْم بين ١٠ و ٢٨ طبقة سمكها ١٢٥–١٧٠ مللى ميكرونًا.

ونجد فى الدرنات الصغيرة أن طبقة الفللوجين تكون نشطة جدًّا فى الإنقسام، ويكون من السهل كثيرًا إزالة جلد الدرنة أو سلخه. وعند اكتمال نمو الدرنة يتوقف نشاط الفللوجين، أو الكامبيوم الفلينى، وتصبح جدرها وكذلك جدر خلايا الجلد أقوى؛ ولذا.. يُعد مدى سهولة إزالة جلد الدرنة مقياسًا لاكتمال نموها إيذانًا بالحصاد.

وفى بعض الأصناف تكون الطبقات الخارجية لبيريدرم الدرنات غير وثيقة الاتصال بالطبقة الداخلية؛ الأمر الذى يكسب جلد هذه الدرنات مظهرًا خشنًا أو حتى مظهرًا

شبكيًّا netted. وبالمقارنة.. فإن أصنافًا أخرى — تتميز بجلدها الأملس — تكون طبقات البيريدرم فيها وثيقة الصلة بعضها ببعض.

العديسات Lenticels

يوفر الجلد السليم لدرنة البطاطس المكتملة التكوين حماية للدرنة ضد الإصابة بالكائنات الدقيقة ويكون هذا الجلد غير منفذ — تقريبًا — للمركبات الكيميائية، والغازات، والماء، كما أنه يمنع فقد الماء.

ولأن الدرنة نسيج حىّ، فلابد من أن تتوفر لها وسيلة لتبادل الغازات وبخار الماء، ليمكنها التنفس، وتحقق العديسات لها تلك الوسيلة. تتكون وتتشكل هذه العديسات فى البيريدرم فى المواقع التى كان يمكن أن تتكون فيها الثغور، فيما لو كانت السيقان الأرضية قد نمت كسيقان هوائية.

يتوقف عدد العديسات فى الدرنة على حجمها، ونوع التربة — والظروف الجوية، وهو يتراوح عادة بين ٧٥ و ١٥٠ عديسة.

ولحالة الأنسجة التى تقع تحت العديسة أهمية كبرى فى تحديد معدلات تبادل الغازات من خلالها. ونجد فى ظروف الجفاف أنه تتكون طبقة من الخلايا المسوبرة تحت خلايا العديسة. وبالمقارنة.. تؤدى زيادة الرطوبة الأرضية إلى زيادة المحتوى الرطوبى للدرنة، وإنتاج خلايا القشرة؛ الأمر الذى يؤدى إلى تمزق طبقة الخلايا المسوبرة؛ وبذا.. تتشكل عديسات مفتوحة تحتوى على عديدٍ من الخلايا المنتفخة؛ مما يجعل العديسات تأخذ مظهر جسيمات صغيرة جدًّا بيضاء اللون على جلد الدرنة. وتسمح هذه العديسات المفتوحة بدخول البكتيريا والكائنات الدقيقة. ويعد ذلك من مساوئ الرى الغزير، أو كثرة الأمطار.

بيريدرم الجروح

تستجيب درنات البطاطس للأضرار التى تحدث فى جلد الدرنة بتكوين بيريدرم على السطح المُضار — يعرف باسم بيريدرم الجروح Wound Periderm. يحمى هذا البيريدرم الدرنة من فقدها للرطوبة، والإصابة بالكائنات الدقيقة. فبعد حدوث الجرح مباشرة، تبدأ الخلايا التى تقع تحت النسيج المجروح فى التسوير بامتداد الجدر

الخلوية، كذلك تبدأ فى الوقت نفسه طبقات قليلة من الخلايا تحت الجرح فى تكوين جدر خلوية موازية للجرح؛ ويعد ذلك بداية عملية تكوين الفللوجين phellogen، أو بيريدرم الجروح، الذى يكوّن خلايا جديدة تتكون من بيريدرم الجروح نحو الخارج، والفللودرم phelloderm نحو الداخل. ولتكوين بيريدرم الجروح — سريعًا وبصورة كاملة — أهمية قصوى فى بقاء الدرنات بحالة جيدة. وتتضح أهمية هذا البيريدرم إذا علمنا أن الدرنات تتعرض لأضرار كثيرة أثناء الحصاد وعمليات التداول المختلفة من تدريجٍ، وتعبئةٍ، وشحن... إلخ.

ويتطلب التئام الجروح بصورة جيدة توفر حرارة تتراوح بين ١٥ و ٢٥ ْم، ورطوبة نسبية عالية، وتهوية جيدة. ففى حرارة ٢٠ ْم ورطوبة نسبية ٩٥٪ يتسوبر سطح الدرنة كله بصورة خفيفة فى يوم واحد، وبعد خمسة أيام يتكون حوالى ٢–٣ طبقات من بيريدرم الجروح.

وللرطوبة النسبية العالية أهميتها فى كلٍّ من التكوين السريع لبيريدرم الجروح، وتكوينه بصورة كاملة؛ بحيث يكون التئام الجروح كاملاً. وبغير ذلك يستغرق تكوين طبقة الفين التى تغطى الجرح وقتًا طويلاً (Van der Zaag ١٩٩١).

ولمزيد من التفاصيل عن كيفية تكوين درنة البطاطس وتركيبها التشريحى.. يراجع Peterson وآخرون (١٩٨٥).

الأوراق

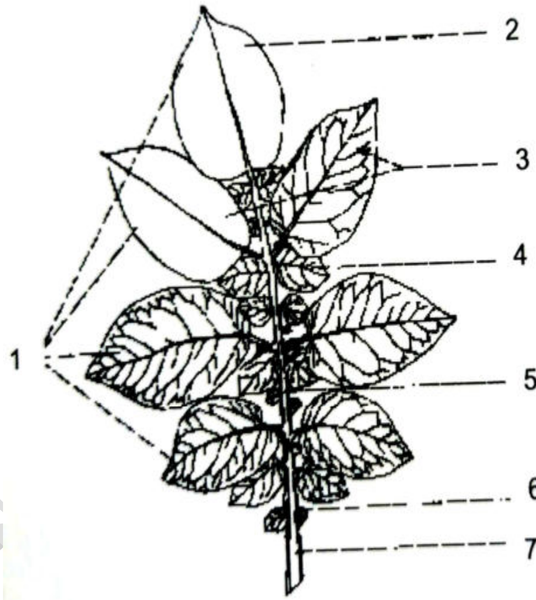
تعطى الدرنات عند زراعتها أفرخًا خضرية تكون أوراقها الأولى بسيطة، أما الأوراق التالية لها، فتكون مركبة ريشية، ويبلغ طولها من ١٠–١٥ سم. وتتكون الورقة المركبة من وريقة طرفية كبيرة بيضاوية الشكل؛ يسبقها ٣–٥ أزواج من الوريقات البيضاوية تحمل جانبيًّا على محور الورقة. ويصغر حجم أزواج الوريقات تدريجيًّا بالاتجاه نحو قاعدة الورقة. وتوجد بين أزواج الوريقات وريقات أخرى أصغر. وهى كذلك تصغر فى الحجم بالاتجاه نحو قاعدة الورقة (شكل ٢–٧). وتحمل الأوراق على الساق فى ترتيب حلزونى بعكس اتجاه عقرب الساعة.

يأخذ المقطع العرضى لأعناق الأوراق شكل نصف دائرة، ويكون مقعرًا من السطح السفلى، ومحدبًّا قليلاً من السطح العلوى. وتتسع قاعدة عنق الورقة، وتمتد حول الساق

لمسافة حوالى ثلث السلامية، كما تمتد حواف قاعدة عنق الورقة لمسافة سلامية واحدة أو سلاميتين لأسفل.

تكون حواف الوريقات كاملةً أو متموجةً. وتوجد شعيرات بكثافة على الوريقات الثانوية، وبدرجة أقل على الوريقات الأولية. أما الوريقات الكبيرة التامة النمو، فلا توجد عليها شعيرات واضحة، ولكن توجد شعيرات على طول العرق الوسطى وتفرعاته.

وإلى جانب الأوراق الخضراء تنمو أوراق حرشفية على جزء الساق الموجودة أسفل سطح التربة، وهى التى ينمو من آباطها السيقان الأرضية.



شكل (٢–٧): تركيب ورقة البطاطس: ١– وريقة أولية، ٢– وريقة طرفية، ٣– أول وريقة أولية، ٤– وريقة ثانوية، ٥– العرق الوسطى للورقة، ٦– وريقة أثرية، ٧– عنق ورقة.

الأزهار

تختلف أصناف البطاطس فى قدرتها على الإزهار، فبينما يزهر بعضها بغزارة (شكل ٢–٨)، نجد أن البعض الآخر قليل الإزهار، وبعضها لا ينتج سوى براعم زهرية، أو لا يزهر مطلقاً وتحمل الأزهار فى عناقيد فى القمم النامية للسيقان ويتفرع

حامل النورة — عادة — إلى فرعين، يحمل كل منهما عنقودًا من الأزهار. وتعتبر النورة محدودة النمو cyme (شكل ٢–٩).

وكأس الزهرة أنبوبى مفصص سفلى، ويتكون من خمس سبلات ملتحمة على شكل فصوص رمحية، ويتكون التويج من خمس بتلات، يختلف لونها من أبيض ناصع البياض إلى قرمزى داكن أو بنفسجى، وقد تكون الزهرة الواحدة متعددة الألوان. وتوجد بكل زهرة خمس أسدية فى محيطٍ واحدٍ، وتكون متبادلة مع البتلات. والأسدية فوق بتلية وخيوطها قصيرة. والمتوك قائمة متقاربة تحيط بالقلم؛ لونها أصفر باهت أو برتقالى، وقد تكون أحيانًا بلون بنى ضارب إلى الذهبى، أو الأحمر، أو الأسود. والمتاع علوى، ويتكون من مبيضٍ ذى مسكنين، وقلم واحد، وميسم واحد.



(٢–٨): إزهار غزير لأحد أصناف البطاطس.



شكل (٢–٩) نورة البطاطس.

ومعظم الأصناف القديمة من البطاطس عقيمة. أما الأصناف الحديثة؛ فنسبة الخصوبة فيها عالية، ويعقد بعضها ثمارًا بكثرة. وتتفاوت الأصناف فى مدة إزهارها بين أسبوع واحد وأربعة أسابيع (Gopal ١٩٩٤).

تتفتح الأزهار فى الصباح الباكر بعد الشروق بقليل. وتنتشر حبوب اللقاح من ثقوب توجد فى قمة المتوك فى اليوم التالى لتفتح الزهرة؛ حيث يستقبلها ميسم الزهرة (Hardenburg ١٩٤٩).

التلقيح

حاز موضوع التلقيح فى أزهار البطاطس باهتمام كبير من الباحثين فى السنوات الأخيرة؛ بسبب الاتجاه نحو الإكثار التجارى للبطاطس بواسطة البذور الحقيقية. ومن

المعتقد أن التلقيح الذاتى هو السائد فى البطاطس، وأن التلقيح الخلطى نادر الحدوث. وقد لاحظ الباحثون أنه على الرغم من أن الهواء قد يحمل حبوب اللقاح، إلا أن دوره فى التلقيح كان ثانويًّا للغاية؛ لذا.. يسود الاعتقاد أن معظم البذور فى البطاطس تنتج من التلقيح الذاتى. ومما يؤيد ذلك أن حشرة نحل العسل لا تزور أزهار البطاطس.

وقد لاحظ White (١٩٨٣) أن إنتاج بذور البطاطس ينخفض كثيرًا عندما تعزل النباتات عن الحشرات، ووجد أن الأزهار يزورها النحل الطنّان من أنواع الجنس *Bombus*. وتكون الزيارة بغرض جمع حبوب اللقاح؛ لأن أزهار البطاطس خالية من الرحيق. وتساعد الزيارة على حدوث التلقيح الذاتى فى الزهرة؛ نتيجة لما تحدثه الحشرة من اهتزازات buzz mechanism أثناء جمعها لحبوب اللقاح. فعندما تمسك الحشرة بالمتوك بين أرجلها وتهز أجنحتها بسرعة، فإن حبوب اللقاح تنتقل من متوك الزهرة إلى جسم الحشرة؛ حيث تتجمع فى سلالٍ خاصةٍ لحبوب اللقاح pollen baskets فى أرجل الحشرة، ويعلق أثناء ذلك كميةٌ من حبوب اللقاح على أرجل الحشرة تكفى لإتمام عملية التلقيح. وحتى إذا تم التلقيح بمساعدة النحل البرى بهذه الطريقة، فإنه يكون ذاتيًّا؛ لأن حبوب اللقاح تنتقل من المتوك إلى ميسم نفس الزهرة، أو مياسم الأزهار الأخرى على نفس النبات، أو على النباتات الأخرى فى الحقل، والتى تكون جميعها من سلالة خضرية واحدة ومتماثلة تمامًا فى تركيبها الوراثى. ولا يحدث التلقيح الخلطى إلا إذا كانت أرجل النحل البرى ملوثةً بحبوب لقاح من أصناف أخرى قبل وصوله إلى الحقل.

كما لاحظ Batra (١٩٩٣) زيارة ثمانية أنواع من النحل الطنّان لحقول إنتاج بذور البطاطس، ولكن نوعًا واحدًا فقط منها (هو *Bombus terricola*) كان الملقَح الوحيد فى تلك الحقول، حيث تنقل بين الأزهار بمعدل ١٢–٢١ زهرة/ دقيقة لكل حشرةٍ واحدة.

وقد وجد Brown (١٩٩٣) أن نسبة التلقيح الخلطى — فى سلالات البطاطس الخصبة ذاتيًّا — تراوحت بين ٠,١٪ و ٠,٧٤٪.

الثماروالبذور

ثمرة البطاطس عنبة كروية، يتراوح قطرها بين ١٢ و٢٥ مم، لونها أخضر عادةً، إلا أنها قد تكون قرمزيةً أو سوداء عند النضج. وتتكون الثمرة من مسكنين، وتحتوى على بذور كثيرة توجد معلقة فى المشيمة، ويتراوح عدد البذور فى الثمرة الواحدة بين صفر، و ٣٠٠ بذرة حسب الصنف.

والبذرة مسطحة بيضاوية، أو كلوية الشكل، لونها أصفر إلى بنى مصفر.

ولمزيد من التفاصيل عن الوصف المورفولوجى لنبات البطاطس... يراجع Sterling (١٩٦٦)، و Cutter (١٩٧٨).

الفصل الثالث

الأصنـــاف

المواصفات المستخدمة فى تعرُّف أصناف البطاطس

يُستخدم عديد من الصفات النباتية فى تعرُّف أصناف البطاطس، كما يُستخدم بعضها فى تقسيم الأصناف إلى مجموعات لتسهل دراستها، وإن كان ظهور بعضها قد يتأثر بالعوامل البيئية، وهى كما يلى (عن مرسى ونور الدين ١٩٧٠ بتصرف):

١- المظهر الخارجى للنبات من حيث الصفات التالية:

أ- طبيعة النمو: قائم أو مفترش

ب- قوة النمو: قوى، أو متوسط، أو ضعيف.

ج- طول الساق: قزمية يقل طولها عن ٣٠ سم، أو صغيرة يتراوح طولها بين ٣٠ سم و ٤٥ سم، أو متوسطة الطول بين ٤٥ سم و ٦٠ سم، أو طويلة تزيد على ٦٠ سم.

د- لون النبات: أخضر رمادى، كما فى ألفا وأران بانر، أو أخضر داكن، كما فى أمباسادور Ambassadeur، وسنج Sientje أو أخضر معتم، كما فى بنج Bintje، أو أخضر فاتح كما فى كلايمكس Climax، وأب — تو — ديت Up-to-date.

٢- مواصفات ساق النبات من حيث الصفات التالية:

أ- الوقت الذى تصبح فيه الساق مجوفة: عند اتمام النضج، أو عند موت النبات.

ب- عدد السيقان: قليلة، كما فى الصنف ألفا، أو متوسطة العدد، كما فى الصنف أران بانر.

ج- درجة تفرع السيقان.

د- سمك الساق: رفيعة، كما فى الصنف فيرور Furore، أو متوسطة السمك، كما فى بايونير Pioneer، أو سميكة، كما فى أران بانر وكليماكس وكاتادن Katahdin .

هـ- شكل الأجنحة عند زوايا الساق فى السلاميتين أو الثلاث سلاميات العلوية: غير مميزة، كما فى جلادستون، أو ضيقة، كما فى بنج وسنج، أو عريضة، كما فى أران بانر وكليماكس وكاتادن، أو مستقيمة، كما فى ألفا وأران بانر، أو مموجة، كما فى إيبكور Epicure.

٣- مواصفات الأوراق من حيث الصفات التالية:

أ- الزاوية التى تصنعها الورقة الكاملة النمو مع الساق: أقل من ٤٥ °، كما فى الصنف ديوك أوف يورك Duke of York، أو أكثر من ذلك، كما فى تشارلس إكسبريس Charles Express وفى الأوراق العلوية للصنف بنج.

ب- طول الورقة: قصيرة كما فى الصنف دنبر استاندرد، أو طويلة، كما فى أب — تو — ديت.

ج- لون العرق الوسطى للورقة: تعتبر هذه الصفة من الصفات التصنيفية الثابتة التى يعتمد عليها. قد يكون العرق الوسطى غير ملون، كما فى دنبر استاندرد، وقد يتركز اللون فى الوريقات، أو فى آباط الأوراق، كما فى دون ستار، وقد يتلون العرق الوسطى كله، كما فى الصنف أران فيكتورى.

د- حجم الورقة: صغيرة كما فى الصنف بايونير، أو متوسطة، كما فى باترونس وسنج وألفا وماجيستيك أو كبيرة كما فى كاتادن وكليماكس وبنج وأمباسادور.

هـ- توزيع الوريقات على العرق الوسطى: مفتوح، فتكون الوريقات متباعدة عن بعضها، كما فى الصنف أران بانر، وبايونير، وماجيستيك، أو متوسط، فتكون متوسطة التباعد عن بعضها البعض، كما فى ألفا، وإيبكيور، أو منضغط، فتكون الوريقات متقاربة من بعضها البعض إلى درجة أنها تظهر متزاحمة على العرق الوسطى كما فى أمباسادور، وكاتادن، وكليماكس.

و- حجم الوريقات: صغيرة، أو متوسطة، كما فى ألفا، أو كبيرة، كما فى أران بانر، وبنج، وكليماكس.

ز- طول الوريقة: صغيرة لا يقل عن ٦ سم، أو متوسطة يتراوح طولها بين ٦ سم و٨ سم، أو طويلة يتراوح طولها بين ٧ سم و ١٠ سم، أو طويلة جدًا يزيد طولها على ١٠ سم.

ح- عرض الوريقة: ضيقة، يقل عرض الوريقة عن ثلثى طولها كما فى كنج إدوارد، أو متوسطة يبلغ عرض الوريقة نحو ثلثى طولها، كما فى الصنف ماجيستيك، أو عريضة يزيد عرضها على ثلثى طولها كما فى الصنف جلادستون.

ط- الزاوية التى تصنعها الوريقة تحت الطرفية مع العرق الوسطى: حادة لدرجة أن الوريقة تحت الطرفية تغطى جزءًا من الوريقة الطرفية، كما فى الصنف إيبكيور أو كبيرة كما فى أران بانر.

ى- ملمس الوريقات: ناعمة، كما فى الصنف ماجيستيك أو قليلة التجعد، كما فى كنج إدوارد، أو مجعدة كما فى أران روز، أو لامعة كما فى جلادستون، أو بها شعيرات كما فى إيرش شفتيان، أو قليلة الشعيرات كما فى الصنف ماجيستيك.

ك- طريقة اتصال أزواج الوريقات المتقابلة بالعنق: الاتصال عند نفس النقطة تقريبًا، أو الاتصال فى نقطتين متباعدتين قليلاً.

ل- مواصفات الوريقات الثانوية من حيث:

(١) العدد: قليلة جدًا كما فى الصنف دنبر يومان، أو قليلة كما فى ماجيستيك وألفا وبنج، أو متعددة كما فى أمباسادور، وأران بانر.

(٢) الشكل: مستديرة، كما فى الصنف إكلبس، أو كبيرة كما فى أران بانر، أو متوسطة كما فى كنج إدوار، أو صغيرة كما فى ماجيستيك.

(٣) مكان وجودها: تحمل طبيعيًّا على العرق الوسطى، وقد تحمل على أعناق الوريقات كما فى الصنف أران بانر.

٤- مواصفات الأزهار من حيث الصفات التالية:

أ- عدد الأزهار تحت الظروف الطبيعية: كثيرة جدًّا كما فى ألفا وماجيستيك، أو

نادرة أو منعدمة كما فى كنج إدوارد، وأمباسادور، أو قد تسقط البراعم قبل تفتحها كما فى أران بانر.

ب- طبيعة حمل الأزهار: إما فى نورة بسيطة، حيث يتفرع حامل النورة إلى فرعين يحمل كل منهما مجموعة من الأزهار؛ وبذا تكون النورة سيمية وحيدة التفرع، أو فى نورة مركبة؛ حيث يتفرع حامل النورة إلى عدد من الفروع الرئيسية يحمل كل منها مجاميع من الأزهار. وقد تتفرع هى الأخرى معطية أفرعًا ثانوية.. ويوجد هذا النظام فى معظم الأصناف.

ج- موضع خروج حامل النورة: على أحد الأفرع الجانبية، أو من إبط ورقة على الساق الرئيسية، كما فى دنبر استاندرد، أو من الموضعين معًا، كما فى أران فيكتورى.

د- طول عنق الزهرة وعنق النورة: قصيران، فتبدو الأزهار والنورات قائمة، كما فى كادتان، أو طويلان، فتبدو الأزهار والنورات متهدلة، كما فى بنج وسنج.

هـ- لون البراعم وتوزيع الصبغات بها وكثافة الشعيرات التى تظهر عليها: لكل صنف صفاته الخاصة التى تميزه عن غيره.

و- لون الأزهار: أرجوانى داكن، كما فى أمباسادور، أو أبيض، كما فى أران بانر، وبنج وكليماكس، وسنج، أو أرجوانى فاتح، كما فى باترونس، أو بنفسجى فاتح ذو حواف بيضاء، كما فى جايوونت، أو بنفسجى محمر ذو حواف بيضاء، كما فى بيروسنيك.

ز- حجم الأزهار: صغيرة يقل قطرها عن ٣ سم، كما فى أران فيكتورى، أو كبيرة يزيد قطرها على ٣ سم، كما فى برتش كوين.

ح- مواصفات أعضاء الزهرة: تختلف الأصناف فى أشكال، وأحجام، وألوان المتوك، وطول قلم الزهرة، واستقامته أو انحنائه، وعدد فصوص الميسم، وكمية وحيوية حبوب اللقاح.

٥- مواصفات المدادات (السيقان الأرضية أو الريزومات) من حيث الطول واللون وطريقة اتصالها بالنبات.

٦- مواصفات الدرنات من حيث الصفات التالية:

أ- الشكل: كروية، كما فى أران فيكتورى، وأران بانر، وكاتادن، أو مستديرة إلى بيضاوية، كما فى أمباسادور، وكنج إدوارد، أو بيضاوية مدببة، كما فى برتش كوين، أو كلوية، كما فى سيجلند، وشاربس إكسبريس، أو شكل إصبع الموز، كما فى بانانا Banana (Coffin وآخرون ١٩٩٣).

ب- لون الجلد: أبيض، كما فى بنج، وبايونير، أو أبيض مصفر، كما فى أران بانر، أو أصفر، كما فى أمباسادور، وألفا، أو أصفر بنى، كما فى كليماكس، أو وردى، كما فى فيرور.

ج- اللون الداخلى: أبيض، كما فى أران بانر، وأران بايلوت، أو أبيض مصفر، كما فى ألفا وكنج إدوارد، وأمباسادور، وبنج، وكادتان، وماجيستيك، وسنج، وباترونس، أو أرجوانى أو أحمر فى عدد قليل من الأصناف، أو أصفر، كما فى متشيجولد Mitchigold (Chase وآخرون ١٩٩٢)، وبانانا.

د- عمق العيون: سطحية، كما فى ماجيستيك، وألفا، وبنج، وكليماكس، وكاتادن، وبايونير، وسنج، وسجلند، أو متوسطة العمق، كما فى إبوكا، وبومبا، أو عميقة، كما فى أران بانر، وأمباسادور، وإيبكيور.

هـ- مدى تميز حاجب العين: غير مميز، كما فى كنج إدوارد، أو خفيف، كما فى ماجيستيك، أو مميز كما فى جريت سكوت.

و- صفات نبت الدرنة: تختلف أصناف البطاطس كثيرًا فى طريقة نمو النبت، وشكله، ولونه وطريقة تفرعه، وكثافة الشعيرات به، ولكل صنف صفاته الخاصة التى تميزه من غيره كما يلى:

(١) النمو: بطئ، كما فى ألفا، وباترونس، أو متوسط السرعة، كما فى أمباسادور، أو سريع، كما فى سنج، وبايونير، وماجيستيك، وكادتان، وبنج.

(٢) اللون: أحمر مخضب بالبنى كما فى بروسنيك، أو بنفسجى مخضب بالزرقة، كما فى بنج، أو بنى ضارب إلى الحمرة، كما فى بايونير، أو أرجوانى ضارب إلى البنى والأخضر، كما فى ألفا، أو أرجوانى ضارب إلى البنى والأحمر، كما فى أمباسادور، أو أحمر ضارب إلى الأرجوانى، كما فى أران بانر.

(٣) كثافة الشعيرات: كثيفة، كما فى بيروسنيك، وبنج، وأران بانر، وكادتان، أو متوسطة العدد، كما فى سنج، وأمباسادور، أو قليلة، كما فى باترونس، وألفا.

(٤) ملمس الشعيرات: ناعم، كما فى بنج، وكادتان، أو خشن، كما فى كليماكس، وماجيستيك.

وتميز صفات الشعيرات عندما يصل طول النبت إلى ٢ سم.

تقييم طرز البطاطس

تقسم طرز البطاطس إلى أربع فئات، كما يلى:

١- كروية بيضاء round white .. وهى تستخدم — أساسًا — فى صناعة الشبس، وبدرجة أقل للطهى.

٢- حمراء reds.. وهى تستخدم — فقط — للتسويق الطازج.

٣- شبكية خشنة رمادية اللون russets .. تُنتج — غالبًا — درنات مستطيلة، وتستعمل فى كل من صناعتى التجميد والتصنيع، ولأجل الاستهلاك الطازج.

٤- ذات صفات أكلية خاصة specialty .. تسمى — كذلك — gourmet، وهى تشمل كل ما لا يدخل ضمن الفئات الثلاث الأولى، وتستخدم —فقط— فى التسويق الطازج.

ولمحتوى درنات البطاطس من السكر والمادة الجافة أهمية كبيرة فى تحديد مدى صلاحيتها لمختلف الأغراض.

وتحتوى درنات الأصناف الحمراء — عادة — على محتوى عالٍ من السكر؛ ولذا فهى لا تناسب صناعة الشبس نظرًا لكرملة السكر أثناء التحمير.

وتُعد الأصناف ذات الدرنات الخشنة russeted مرغوبة لأجل التسوية فى الفرن baking.

ويبين جدول (٣-١) علاقة نسبة المادة الجافة فى درنات البطاطس باستخداماتها.

جدول (٣-١): علاقة نسبة المادة الجافة فى درنات البطاطس باستخداماها.

الكثافة النوعية	المادة الجافة (٪)	القوام	الاستخدامات الأساسية
أقل من ١,٠٦٠ (منخفضة جدًّا)	أقل من ١٦,٢	مشبع جدًّا بالماء very soggy	القلى، والسلطات، والتعليب
١,٠٦٠-١,٠٦٩ (منخفضة)	١٦,٢-١٨,١	مشبع بالماء soggy	القلى، والسلطات، والطهى فى الماء، والتعليب
١,٠٧٠-١,٠٧٩ (متوسطة)	١٨,٢-٢٠,٢	شمعى	الطهى فى الماء، والهرس بعد الطهى، وصناعة الشبس والتعليب
١,٠٨٠-١٠,٨٩ (عالية)	٢٠,٣-٢٢,٣	دقيقى وجاف وسهل التفتت	الطهى فى الفرن baking، وصناعة بطاطس التحمير المجمدة، وصناعة الشبس. تتكسر الشبس المصنعة منها بسهولة، كما تميل تلك التى تطهى فى الماء إلى الانهيار

مواصفات الأصناف الهامة

توجد المئات من أصناف البطاطس التى تنتشر زراعتها فى شتى أرجاء العالم. وأغلب الأصناف المستخدمة فى الزراعة فى المنطقة العربية تعد من الأصناف الأوروبية. ويزرع فى مصر عدد كبير نسبيًّا من أصناف البطاطس التى تستورد من شركات ومحطات تربية وإنتاج البطاطس فى دول أوروبا الغربية. والغرض من كثرة الأصناف

المستخدمة فى الزراعة، وتنوع مصادرها هو تجنب احتكار إحدى الجهات المنتجة لصنفٍ معينٍ، وتجنب المشاكل التى قد تترتب على الاعتماد على عدد قليلٍ من الأصناف فى حالة نقص المعروض من تقاويها فى الأسواق.

ويعطى Stevenson & Clark (١٩٣٧) وصفًا تفصيليًّا لأصناف البطاطس التى أُدخلت فى الزراعة قبل عام ١٩٣٧، ونشأتها، وتاريخ زراعتها. ويعطى Minges (١٩٧٢) وصفًا مماثلاً للأصناف التى أدخلت فى الزراعة بعد ذلك حتى عام ١٩٧٢. ويمكن التزود بالكثير من المعلومات عن أصناف البطاطس القديمة فى المراجع الخاصة بالبطاطس؛ مثل: Burton (١٩٤٨)، و Hardenburg (١٩٤٩)، و Talburt & Smith (١٩٥٩). أما الأصناف الحديثة، فإن أفضل مصادر لها، فهى الكتالوجات الخاصة بأصناف البطاطس، والتى تصدرها شركات ومحطات تربية وإنتاج البطاطس. كذلك يُعطى المرجع Wahington State University (٢٠٠٧) قائمة شاملة حديثة بمواصفات مئات من أصناف البطاطس مرتبة أبجديًّا.

الأصناف التى تنتشر زراعتها فى مصر

يزيد عدد أصناف البطاطس التى تنتشر زراعتها فى مصر عن ١٠٠ صنف؛ نذكر منها ما يلى (عن د. أحمد شرارة — معهد بحوث البساتين — اتصال شخصى):

أجريا	Agria	أكسنت	Accent
ألفا	Alpha	آياكس	Ajax
آريان	Ariane	أمبو	Ambo
أران بانر	Arran Banner	آرندا	Arinda
أطلانتك	Atlantic	أستركس	Astrix
آفوندال	Avondal	أطلس	Atlas
بركة	Baraka	عزيزة	Aziza
برن	Bern	بربر	Berber
كارا	Cara	بلوندى	Blondy
كلوديا	Claudia	كاردينال	Cardinal
كلترا	Cultra	كوزيما	Cosima

ديامانت	Diamant	ديزريه	Désirée
دنيا	Donia	ديسكو	Disco
إسكورت	Escort	دراجا	Draga
جيجانت	Gigant	فريزيا	Fresia
هرثا	Hertha	جراتا	Grata
يارلا	Jaerla	إسنا	Isna
كنبك	Kennebec	كنج إدوارد	King Edward
كوندور	Kondor	كورياجين	Korrigane
ليدى روزيتا	Lady Rossetta	ليسيتا	Lesita
لولا	Lola	ليرا	Lyra
مارادونا	Maraddona	مارفونا	Marfona
ميراكا	Miraca	موناليزا	Monaliza
مونديال	Mondial	نيقولا	Nicola
نايتا	Nieta	أوبلكس	Obelix
باترونس	Patrons	بيكاسو	Picasso
ساحل	Sahel	سامبا	Samba
سانتيه	Santé	سنج	Sientje
سيجلاند	Sigland	سلانى	Slaney
سبونتا	Spunta	سوبر ستار	Superstar
تيماتى	Timate	توربو	Turbo
فان جوخ	Van Gogh	فايتال	Vital
ياسمينا	Yasmina		

ونقدم بيانًا بمواصفات أكثر هذه الأصناف انتشارًا فى الزراعة المحلية فيما يلى (عن NIVAA ١٩٩٤، ووزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٤، ونشرات الشركات المتخصصة):

١- أكسنت Accent:

صنف مبكر. الدرنات مستديرة إلى بيضاوية الشكل، لونها الخارجى أصفر والداخلى أصفر باهت، عيونها سطحية، منخفضة إلى منخفضة جدًّا فى محتواها من

المادة الجافة. السيقان قرمزية فاتحة اللون، والأوراق كبيرة. النبات قليل الإزهار، والأزهار بيضاء اللون. مقاوم للندوة المتأخرة (الدرنات فقط)، وفيرس Y، والتثألل، والنيماتودا الذهبية.

٢- أجريا Agria:

صنف متوسط التأخير فى النضج. الدرنات كبيرة جدًّا، بيضاوية طويلة، لونها الخارجى أصفر والداخلى أصفر قاتم، ناعمة، عيونها سطحية، مرتفعة فى محتواها من المادة الجافة، تصلح لصناعة الشبس. السيقان سميكة قائمة، لونها قرمزى فاتح، والأوراق كبيرة. النورة كبيرة، والأزهار بيضاء اللون. مقاوم لفيرس A، ومنيع ضد فيرس X، ومقاوم للنيماتودا الذهبية. من أصناف الصدير وخاصة إلى ألمانيا.

٣- آياكس Ajax:

صنف هولندى، متوسط التبكير فى النضج، ومنخفض جدًّا فى نسبة المادة الجافة؛ مما يميز طعمه ويُجَوِّده عند الطهى أو القلى، مقاوم لفيرس التفاف الأوراق وفيرس Y، ومنيع ضد فيرس A. السيقان قليلة العدد وسميكة، وتنتشر جانبيًّا فى مرحلة مبكرة من النمو، ذات لونٍ قرمزىٍ باهت فى محاور الأوراق. الأوراق كبيرة ومتهدلة. الدرنات كبيرة وبيضاوية وناعمة، ولون جلدها أصفر، ولونها الداخلى أصفر باهت. العيون عميقة قليلاً.

نجحت زراعته فى معظم محافظات مصر، وبصفة خاصة فى الوجه البحرى، ويجود فى العروتين الصيفية والخريفية. محصوله يعادل محصول الصنف ألفا. يتحمل التخزين فى النوالات، تصلح درناته للتسويق المحلى والتصدير إلى الدول العربية.

٤- ألفا Alpha:

صنف هولندى، متأخر، منخفض فى نسبة المادة الجافة، وذو قوام نشوى، النمو الخضرى منفرج وقوى، ويغطى الأرض بشكلٍ جيدٍ، ومقاوم نسبيًّا لمرض الندوة المتأخرة. السيقان قليلة العدد، وتنتشر قليلاً، وذات لونٍ قرمزى باهت. الأوراق كبيرة والنورات كبيرة،

وتحمل أزهارًا كثيرة. الأزهار لونها أحمر ضارب إلى البنفسجى، وذات حواف بيضاء. الدرنات بيضاوية قصيرة، عيونها متوسطة العمق، لونها الخارجى والداخلى أصفر باهت.

تجود زراعته فى جميع أنحاء مصر فى كلتا العروتين، ويتحمل التخزين فى النوالات. المحصول مرتفع ومقبول فى السوق المحلية والعربية.

٥- أمبو Ambo:

صنف أيرلندى يمكن أن يكون بديلاً للصنف كنج إدوارد.

٦- أران بانر Arran Banner:

صنف إنجليزى المنشأ، متوسط التبكير فى النضج، منخفض كثيرًا فى نسبة المادة الجافة، يعطى نموًا حضريًا قويًا يغطى الخطوط بصورة جيدة، ويتحمل الجفاف، ومقاوم لفيرس Y. السيقان كثيرة العدد، وسميكة، وتنتشر جانبيًّا، وذات لون قرمزى باهت فى محاور الأوراق. الأوراق كبيرة ومتهدلة، والنورات قليلة، والأزهار بيضاء اللون، إلا أنها نادرة؛ لأن معظم البراعم تسقط قبل أن تتفتح. والدرنات كروية ناعمة، لونها الخارجى أبيض ضارب إلى الصفرة، ولونها الداخلى أبيض. والبراعم عميقة.

يوجد فى محافظات الجيزة، وبنى سويف، والمنيا، والدقهلية. تتحمل درناته التقطيع عند زراعتها، كما تتحمل التخزين فى النوالات.

٧- أطلانتك Atlantic:

صنف متوسط فى موعد النضج. الدرنات كبيرة بيضاوية، محتواها مرتفع من المادة الجافة، تصلح لصناعة الشبس، وذات فترة سكون قليلة، وتتحمل التخزين لفترة طويلة. مقاوم للنمو الثانوى، والتحلل الشبكى، وفيروس X، ومتوسط المقاومة لذبول فيرتسيلليم.

٨- أفوندال Avondal:

يتشابه مع الصنف كارا. الدرنات لونها الخارجى أصفر والداخلى أصفر باهت. يصلح للتخزين والتصدير.

٩- بركة Baraka:

صنف متأخر. الدرنات كبيرة جدًّا، بيضاوية مفلطحة، لونها الخارجى والداخلى أصفر باهت، ناعمة الملمس، عيونها متوسطة العمق، عالية فى محتواها من المادة الجافة. السيقان قليلة العدد، سميكة وطويلة، وخضراء، والأوراق كبيرة والنورات كبيرة، والأزهار حمراء إلى قرمزية اللون. مقاوم للندوة المتأخرة (الدرنات فقط)، وفيرس التفاف الأوراق، وفيرس Y، ومنيع ضد فيرس A. من أصناف التصدير. يمكن تخزينه فى النوالات، ويصلح للتصدير إلى الدول العربية.

١٠- بربر Berber:

صنف مبكر. الدرنات بيضاوية الشكل، لونها الخارجى والداخلى أصفر باهت، ناعمة، عيونها سطحية، ومنخفضة إلى متوسطة فى محتواها من المادة الجافة. السيقان قليلة العدد، سميكة، لونها قرمزى باهت، والأوراق كبيرة. مقاوم للندوة المتأخرة (الدرنات فقط)، وفيرس Y، والتثألل، والنيماتودا الذهبية. من أصناف التصدير.

١١- بلوندى Blondy:

صنف مبكر إلى متوسطٍ فى موعد النضج. الدرنات كبيرة بيضاوى، محتواها مرتفع من المادة الجافة، يقل فيها تراكم السكريات عند التخزين فى حرارة منخفضة، وتصلح للتصنيع.

١٢- كارا Cara:

منشأة أيرلندا الجنوبية. متوسط التأخير فى النضج. يصلح كبديلٍ للصنف كنج إدوارد فى الزراعة لإنتاج المحصول المبكر للتصدير، ويتميز عليه بارتفاع محصول الدرنات الناضجة. مقاوم نسبيًّا لمرض الندوة المتأخرة، وتجود زراعته فى نفس مناطق زراعة الصنف كنج إدوارد. يصدر إلى المملكة المتحدة، وإسبانيا، والدول الإسكندنافية.

١٣- كاردينال Cardinal:

صنف متوسط التأخير فى النضج. الدرنات كبيرة بيضاوية مستدقة الطرف أحيانًا،

لونها الخارجى أحمر والداخلى أصفر، خشنة الملمس، وعالية فى محتواها من المادة الجافة. السيقان قليلة العدد، سميكة، منتشرة، لونها أحمر قرمزى قاتم، والأوراق كبيرة. مقاوم للنيماتودا الذهبية، ومنيع ضد فيرس A يزرع على نطاقٍ واسعٍ فى مصر لأجل تصنيع البطاطس المحمرة المجمدة.

١٤- كلوديا Claudia:

صنف هولندى مبكر جدًّا فى النضج، الدرنات بيضاوية مستطيلة متوسطة إلى كبيرة الحجم، لونها الخارجى أصفر، وكذلك اللون الداخلى. والعيون سطحية.

يجود فى محافظات البحيرة، والغربية، والمنوفية، والجيزة. ويمكن زراعته فى العروة الخريفية المبكرة خلال شهر أغسطس فى بعض مراكز محافظة البحيرة.

١٥- كوزيما Cosima:

منشأة ألمانيا الغربية، متأخر النضج. مجموعه الخضرى قوى، ودرناته كبيرة الحجم وبيضاوية الشكل باستدارة، ولونها الخارجى أصفر. العيون متوسطة التعمق. كما أنه مقاوم نسبيًّا لمرض الندوة المتأخرة.

تجود زراعته فى معظم مناطق الإنتاج فى كلتا العروتين، ويتحمل التخزين فى النوالات، ومحصوله يفوق محصول الصنف ألفا.

١٦- ديزيريه Desiree:

صنف هولندى، متوسط التأخير فى النضج، منخفض فى نسبة المادة الجافة يصلح لعمل الشبس. سريع النمو، ويغطى الخطوط بصورة جيدة. يتحمل الجفاف، مقاوم لفيرس A، وفيرس Y. السيقان كثيرة العدد، وسميكة وطويلة، وتنتشر جانبيًّا، ذات لون أحمر ضارب إلى البنى. الأوراق صغيرة، والنورات الزهرية كثيرة، ولون الأزهار قرمزى ضارب إلى الحمرة. الدرنات كبيرة ناعمة، لونها الخارجى أحمر، ولونها الداخلى أصفر باهت. العيون سطحية.

يجود فى جميع مناطق الإنتاج، وفى كلتا العروتين، وخاصة فى العروة الخريفية.

١٧- دايمنت Diamant:

صنف هولندى، متوسط التأخير فى النضج، محتواه مرتفع من المادة الجافة، نموه الخضرى قوى ويغطى الخطوط جيدًا. الدرنات بيضاوية الشكل باستطالة، متوسطة إلى كبيرة الحجم، وملساء، ولونها الخارجى أصفر، ولونها الداخلى أصفر فاتح. العيون سطحية، وهذا الصنف مقاوم للجفاف.

يتفوق محصوله على محصول الصنف ألف، ويجود فى جميع مناطق الإنتاج فى كلتا العروتين. يتحمل التخزين فى النوالات، ويصلح للتسويق المحلى والتصدير إلى الدول العربية. تنتشر زراعته فى محافظة المنوفية.

١٨- دراجا Draga:

صنف هولندى، متوسط التبكير فى النضج، منخفض فى نسبة المادة الجافة. النمو الخضرى قوى، يتحمل الجفاف، ومتوسط المقاومة لمرض الندوة المتأخرة. السيقان قليلة وسميكة، وتنتشر جانبيًا بدرجة كبيرة، ولونها أخضر. الأوراق كبيرة جدًا ومتهدلة، والنورات قليلة جدًا، ولون الأزهار قرمزى ضارب إلى الحمرة. الدرنات كروية إلى بيضاوية، قصيرة ناعمة، لونها الخارجى أصفر، ولونها الداخلى أبيض كريمى. والعيون عميقة، ويوجد معظمها فى قمة الدرنات.

محصوله يعادل محصول الصنف ألفا، ويتحمل التخزين فى النوالات. تصلح درناته للسوق المحلية والتصدير إلى الدول العربية.

١٩- إسكورت Escort:

صنف متوسط التبكير فى النضج. الدرنات بيضاوية قصيرة، لونها الخارجى والداخلى أصفر باهت، ناعمة الملمس، وعيونها سطحية. السيقان قليلة العدد، سميكة، ومنشرة بشدة، خضراء اللون فيما عدا عند محاور الأوراق؛ حيث تكون قرمزيةً باهتة اللون، والأوراق كبيرة. مقاوم لفيرس التفاف الأوراق وفيرس Y، ومنيع ضد مرض التثألل.

٢٠- جيجنت Gigant:

متوسط التبكير فى موعد النضج. الدرنات بيضاوية، لونها الخارجى والداخلى أصفر، خشنة الملس نسبيًّا، عيونها سطحية، ومتوسطة فى محتواها من المادة الجافة. السيقان قليلة العدد، سميكة، ومنتشرة قليلاً، والأوراق كبيرة. مقاوم لفيرس Y، ومنيع ضد فيرس A، و X ومرض التثألل، ومقاوم للنيماتودا الذهبية.

٢١- جراتا Grata:

منشأة ألمانيا، متوسط التأخير فى النضج، متوسط النمو الخضرى. الدرنات بيضاوية الشكل، ومتوسطة الحجم، ولونها أصفر، ولونها الداخلى مصفر. العيون سطحية، لا يتحمل درجات الحرارة المرتفعة.

تجود زراعته فى الوجه البحرى. ينصح بزراعته فى نهاية شهر يناير للعروة الصيفية وأوائل أكتوبر للعروة الخريفية. تتحمل الدرنات التقطيع عند زراعتها. ويمكن تصديره إلى أسواق ألمانيا الغربية.

٢٢- هرثا Hertha:

متوسط التبكير فى موعد النضج. الدرنات بيضاوية قصيرة، لونها الخارجى أصفر والداخلى أصفر باهت، ناعمة الملمس، عيونها سطحية، وعالية فى محتواها من المادة الجافة. السيقان كثيرة، سميكة، ومنتشرة قليلاً، ولونها أخضر فيما عدا عند محاور الأوراق، حيث يكون لونها قرمزيًّا باهتًا، والأوراق صغيرة. النورات عديدة، والأزهار بيضاء. مقاوم لفيرس التفاف الأوراق، وفيرس Y، والنيماتودا الذهبية، ومنيع ضد مرض التثألل.

٢٣- يارلا Jaerla:

صنف هولندى، مبكر، منخفض كثيرًا فى نسبة المادة الجافة، نموه الخضرى سريع وقوى، ويغطى الخطوط جيدًا، ويتحمل الجفاف. السيقان قليلة العدد، وسميكة، وتنتشر جانبيًّا فى مرحلة مبكرة فى من النمو، وذات لون قرمزى باهت فى محاور

الأوراق. الأوراق كبيرة نسبيًّا ومتهدلة، والنورات صغيرة والأزهار بيضاء وقليلة. الدرنات كبيرة جدًّا وبيضاوية، وناعمة، ولونها الخارجى أصفر باهت. والعيون سطحية.

يجود فى معظم مناطق الإنتاج وفى العروتين الصيفية والخريفية، محصوله جيد، ويعادل محصول الصنف ألفا، أو يتفوق عليه. تتحمل الدرنات التقطيع عند الزراعة، كما تتحمل التخزين فى نوالات. يلائم السوق المحلية والتصدير إلى الدول العربية.

٢٤- كنيبك Kennebec:

صنف أمريكى، متوسط فى موعد النضج، منخفض فى نسبة المادة الجافة. النمو الخضرى قوى، ويغطى الخطوط جيدًّا، يتحمل الجفاف، ومقاوم نسبيًّا للندوة المتأخرة، ولفيرس A وفيرس Y. السيقان قليلة العدد، وسميكة وقائمة، وخضراء اللون. الأوراق كبيرة جدًّا، والنورات صغيرة، وقليلة العدد، والأزهار قليلة، وبيضاء اللون. الدرنات كبيرة الحجم، وبيضاوية، وقصيرة، وناعمة، ولونها الخارجى ضارب إلى الاصفرار ولونها الداخلى أبيض. والعيون سطحية.

٢٥- كنج إدوارد King Edward:

صنف إنجليزى، متوسط التبكير فى النضج، يلزمه حوالى ١٠٥-١١٠ أيام لتمام نضج الدرنات. أما عند زراعته لإنتاج محصول التصدير (البطاطس الجديدة new potatoes أو البطاطس "البلية")، فيلزمه ٩٠ يومًا فقط. الدرنات بيضاوية إلى كلوية الشكل، متوسطة الحجم، لونها الخارجى أصفر مع وجود بقع حمراء حول العين، ولونها الداخلى أبيض. والعيون سطحية ولا يظهر الحاجب بوضوح. لا تتحمل النباتات درجات الحرارة المرتفعة.

تتحمل الدرنات التقطيع عند زراعتها، ويجود فى محافظات البحيرة، والغربية، والمنوفية، والشرقية، والإسماعيلية خلال العروة الصيفية المبكرة. لا يتحمل التخزين فى النوالات.

٢٦- كوندور Kondor:

صنف متوسط التبكير. الدرنات كبيرة جدًّا، بيضاوية طويلة، ناعمة الملمس، لونها الخارجى أحمر والداخلى أصفر باهت، عيونها متوسطة العمق، ومنخفضة إلى متوسطة فى محتواها من المادة الجافة. السيقان قليلة العدد، سميكة، قائمة، ولونها أحمر قاتم، والأوراق كبيرة. النورات عديدة، والأزهار لونها أحمر قرمزى قاتم. منيع ضد فيرس A ومرض التثألل.

٢٧- ليدى روزيتا Lady Rosetta:

صنف متوسط التبكير . الدرنات كروية، لونها الخارجى أحمر والداخلى أصفر باهت، خشنة الملمس، وعيونها سطحية، ومرتفعة جدًّا فى محتواها من المادة الجافة، السيقان قليلة العدد، سميكة، وقائمة، والأوراق كبيرة. النورات صغيرة وقليلة العدد، والأزهار لونها أحمر قرمزى قاتم.

٢٨- لولا Lola:

صنف مبكر. الدرنات طويلة بيضاوية متجانسة الشكل.

٢٩- ليرا Lyra:

صنف ألمانى. الدرنات لونها الخارجى والداخلى أصفر. يصلح للتصدير، وخاصة إلى ألمانيا.

٣٠- مارفونا Marfona:

صنف متوسط التبكير. الدرنات كبيرة جدًّا، بيضاوية قصيرة، لونها الخارجى والداخلى أبيض باهت، ناعمة الملمس، عيونها متوسطة العمق، ومنخفضة جدًّا فى محتواها من المادة الجافة. السيقان قليلة العدد، سميكة، منفرجة قليلاً، لونها قرمزى فاتح، والأوراق كبيرة. النورات. كثيرة، والأزهار لونها أصفر باهت. مقاوم لفيرس Y، ومنيع ضد مرض التثألل.

٣١- ميركا Mirka:

صنف هولندى، متوسط التبكير إلى متوسط التأخير فى النضج، منخفض فى نسبة المادة الجافة. النمو الخضرى يغطى الخطوط جيدًّا، يتحمل الجفاف جيدًا جدًّا، مقاوم لفيرس التفاف الأوراق. السيقان قليلة، سميكة، وطويلة، وتنتشر قليلاً، وذات لون قرمزى باهت عند القاعدة وفى محاور الأوراق. الأوراق كبيرة نسبيًّا ومجعدة قليلاً. والنورات صغيرة وقليلة العدد، والأزهار بيضاء. الدرنات طويلة وبيضاوية، ولونها الخارجى والداخلى أصفر، والعيون سطحية.

يجود فى معظم محافظات الوجه البحرى فى كلتا العروتين. ينصح بزراعته مبكرًا خلال شهر يناير فى العروة الصيفية. وتتحمل الدرنات التقطيع عند الزراعة، ولكنها لا تتحمل التخزين فى النوالات.

٣٢- موناليزا Monalisa: :

صنف مبكر. الدرنات كبيرة، بيضاوية طويلة إلى كلوية الشكل، لونها الخارجى أصفر والداخلى أصفر باهت، ناعمة الملمس، عيونها سطحية، ومنخفضة فى محتواها من المادة الجافة. السيقان قليلة العدد، سميكة، منتشرة قليلاً، لونها قرمزى فاتح، والأوراق كبيرة. النورات صغيرة وقليلة العدد، والعيون سطحية. مقاوم لفيرس Y وفيرس التفاف الأوراق، ومنيع ضد فيرس A ومرض التثألل. من أهم أصناف التصدير إلى أسواق ألمانيا، وفرنسا، وإيطاليا.

٣٣- مونديال Mondial:

صنف متأخر إلى متأخر جدًّا. الدرنات كبيرة بيضاوية طويلة، لونها الخارجى أصفر والداخلى أصفر باهت، ناعمة الملمس، عيونها سطحية، ومنخفضة إلى متوسطة المحتوى من المادة الجافة. السيقان عديدة، سميكة، ومنتشرة بوضوح، لونها أخضر، والأوراق كبيرة. النورات كبيرة وعديدة، والأزهار بيضاء. مقاوم لفيرس Y والنيماتودا الذهبية، ومنيع ضد فيرس A وفيرس X.

٣٤- نيقولا Nicola:

صنف متوسط التأخير. الدرنات بيضاوية طويلة، لونها الخارجى والداخلى أصفر، ناعمة الملمس، عيونها سطحية، متوسطة إلى مرتفعة فى محتواها من المادة الجافة. السيقان عديدة، ورفيعة، ومنتشرة بشدة، ولونها قرمزى فاتح جدًّا عند محاور الأوراق، والأوراق صغيرة. النورات صغيرة وقليلة العدد، والأزهار بيضاء. مقاوم لفيرس Y والنيماتودا الذهبية، ومنيع ضد فيرس A وفيرس X ومرض التثألل.

٣٥- نيتا Nieta:

صنف متوسط التبكير. الدرنات بيضاوية، لونها الخارجى أبيض والداخلى كريمى، عيونها متوسطة العمق، ومحتواها من المادة الجافة متوسط. النبات نصف قائم إلى مفترش. الأزهار قليلة، لونها أحمر قرمزى وقمتها بيضاء. متوسط المقاومة للندوة المتأخرة (الدرنات فقط)، وفيرس Y، ومنيع ضد التثألل وفيرس X.

٣٦- أوبلكس Obelix:

صنف متوسط التبكير. الدرنات بيضية الشكل، لونها الخارجى أصفر والداخلى أصفر شاحب، ناعمة الملمس، وعيونها سطحية، ومنخفضة فى محتواها من المادة الجافة. السيقان متوسطة الطول إلى طويلة، وتميل إلى الانتشار قليلاً. النورات صغيرة، والأزهار بيضاء. مقاوم لفيرس A والنيماتودا الذهبية، ومنيع ضد مرض التثألل. يصلح للتصدير إلى أوروبا والدول العربية.

٣٧- باترونس Patrons:

صنف هولندى، متوسط التأخير فى النضج، منخفض فى نسبة المادة الجافة. النمو الخضرى قوى، يغطى الخطوط جيدًا، ويتحمل الجفاف جيدًا. السيقان كثيرة وسميكة، وتنتشر قليلاً، لونها أخضر. الأوراق كبيرة نسبيًّا ومتهدلة. والنورات كثيرة العدد وكبيرة، والأزهار ذات لون قرمزى ضارب إلى الأحمر الفاتح. الدرنات بيضاوية ناعمة، ولونها الخارجى والداخلى أصفر باهت. والعيون سطحية.

يجود فى معظم مناطق الإنتاج. تتحمل الدرنات التقطيع عند زراعتها.

٣٨- بيكاسو Picasso:

صنف متوسط التأخير. الدرنات بيضاوية كبيرة، لونها الخارجى أصفر به بقع حمراء والداخلى أصفر باهت، خشنة الملمس، وعيونها سطحية، ومنخفضة جدًّا فى محتواها من المادة الجافة. السيقان سميكة، قائمة، لونها أحمر قرمزى فاتح، والأوراق متوسطة الحجم، النورات صغيرة وقليلة العدد، والأزهار بيضاء، مقاوم لفيرس Y والنيماتودا الذهبية، ومنيع ضد فيرس X.

٣٩- ساحل Sahel:

صنف مبكر إلى موسط فى موعد النضج. الدرنات كبيرة كروية متجانسة فى الشكل. يتحمل الجو الحار، ومقاوم لمرض التثألل.

٤٠- سامبا Samba:

صنف مبكر إلى متوسط فى موعد النضج. الدرنات كبيرة وبيضاوية. يتحمل التخزين جيدًا. مقاوم لمرض الجرب العادى والندوة المتأخرة.

٤١- سانتيه Santé:

صنف متوسط التبكير. الدرنات بيضاوية، لونها الخارجى والداخلى أصفر باهت، ناعمة الملس، عيونها سطحية، وعالية فى محتواها من المادة الجافة. السيقان قليلة العدد، وسميكة، ومنتشرة قليلاً، خضراء اللون، والأوراق كبيرة، والنورات قليلة، والأزهار بيضاء. مقاوم للنيماتودا الذهبية، ومنيع ضد فيروسات A و X و Y.

٤٢- سنج Sientje:

صنف هولندى، متوسط التبكير فى النضج، منخفض فى نسبة المادة الجافة. النمو الخضرى قوى، ويغطى الخطوط جيدًا، مقاوم لفيرس A. السيقان كثيرة العدد،

وسميكة، وتنتشر قليلاً، وذات لون قرمزى باهت عند القاعدة وفى محاور الأوراق. الأوراق كبيرة، والنورات صغيرة، وقليلة العدد، والأزهار قليلة وبيضاء. الدرنات كبيرة وطويلة وتستدق نوعًا ما عند طرفيها، خاصة من الطرف القاعدى، ولونها الخارجى أصفر، ولونها الداخلى أبيض كريمى. والعيون سطحية جدًّا. يعد من أفضل الأصناف للزراعة فى الأراضى الرملية والخفيفة، ولا ينصح بزراعته فى الأراضى الثقيلة.

٤٣- سلانى Slaney:

صنف إيرلندى. الدرنات كبيرة، ويصلح للتصدير والتصنيع.

٤٤- سبونتا Spunta:

صنف هولندى، متوسط التبكير فى النضج، منخفض جدًّا فى نسبة المادة الجافة، يتحمل الجفاف جيدًّا، مقاوم لفيرس Y، ومنيع ضد فيرس A. السيقان كثيرة، وتنتشر جانبيًّا بكثرة، وذات لون قرمزى عند القاعدة وفى محاور الأوراق. الأوراق صغيرة نسبيًّا ومتهدلة، والنورات قليلة العدد وصغيرة، والأزهار بيضاء. الدرنات كبيرة وطويلة ومقوسة قليلاً، ومدببة إلى حدٍ ما من قمتها، وناعمة، ولونها الخارجى أصفر باهت، ولونها الداخلى أصفر فاتح، والبراعم سطحية جدًّا.

يجود فى معظم محافظات الوجه البحرى المنتجة للبطاطس فى كلتا العروتين، لا يتحمل التخزين فى نوالات. تتحمل درناته التقطيع عند زراعتها، ولكنها تحتاج إلى عناية خاصة عند تداولها بعد الحصاد. مرغوب فى السوق المحلية وفى الأسواق العربية.

٤٥- سوبر ستار Super star:

صنف متوسط التبكير فى النضج. الدرنات بيضاوية قصيرة. مقاوم لمرض الندوة المتأخرة.

٤٦- تيمات Timate:

صنف مبكر. الدرنات كبيرة بيضاوية طويلة، لونها الخارجى أصفر والداخلى أصفر

باهت، ناعمة الملمس، عيونها سطحية، وعالية فى محتواها من المادة الجافة. السيقان قليلة وسميكة، ومنتشرة بشدة، ولونها قرمزى فاتح، والأوراق كبيرة. النورات صغيرة وقليلة العدد، والأزهار بيضاء. مقاوم لفيرس Y والنيماتودا الذهبية، ومنيع ضد فيرس X ومرض التثألل.

٤٧- توربو Turbo:

متوسط التبكير. الدرنات بيضاوية، لونها الخارجى أصفر والداخلى أصفر باهت، ناعمة الملمس، عيونها سطحية، ومحتواها من المادة الجافة متوسط. السيقان قليلة العدد، سميكة، منتشرة قليلاً، وخضراء اللون، والأوراق كبيرة. النورات متوسطة الحجم وكثيرة العدد، والأزهار بيضاء اللون. مقاوم للنيماتودا الذهبية، ومنيع ضد مرض التثألل.

٤٨- فان جوخ Van Gogh:

صنف متوسط التأخير إلى متأخر. الدرنات بيضاوية، لونها الخارجى أصفر والداخلى أصفر باهت، خشنة الملمس، عيونها سطحية إلى متوسطة العمق، وعالية إلى عالية جدًّا فى محتواها من المادة الجافة. السيقان طويلة، وسميكة، والأوراق متوسطة إلى كبيرة. النورات كبيرة والأزهار كثيرة وبيضاء اللون. مقاوم للندوة المتأخرة (النموات القمية والدرنات) والنيماتودا الذهبية. يصلح للتصدير والتصنيع.

الأصناف التى تنتشر زراعتها فى الولايات المتحدة

على الرغم من توفر مئات من أصناف البطاطس لمزارعى المحصول فى الولايات المتحدة، فإن خمسة أصناف فقط تشغل حوالى ٩٠٪ من مساحة البطاطس، ويشكل الصنف Russet Burbank — وحده — حوالى ٤٠٪ من تلك المساحة.

ويبين جدول (٣-٢) مواصفات أهم الأصناف التى تنتشر زراعتها فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية.

جدول (٣–٢): أهم أصناف البطاطس التى تنتشر زراعتها فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية.

الصنف	الاستعمالات	موعد النضج	النمو الخضرى	لون الدرنات وشكلها	التحمل ومقاومة الأمراض	القابلة للإصابة
White Rose	الاستهلاك الطازج	متوسط التبكير	كبير ومنتشر	ناعمة– بيضاء – طويلة – بيضاوية مسطحة	التحلل الشبكى الحرارة العالية الجرب	الندوة المتأخرة الندوة المبكرة الفيروسات تشققات النمو
Russet Burbank	الاستهلاك الطازج والتصنيع	متوسط التأخير	متوسط إلى كبير ومنتشر	خشنة – طويلة – بيضوية	الجرب	الندوة المتأخرة الندوة المبكرة التحلل الشبكى الفيروسات الرايزكتونيا النمو الثانوى
Kennebec	صناعة الشبس	متوسط التبكير	كبير قائم	ناعمة بيضاء إلى صفراء برتقالية بيضوية إلى بيضاوية	الجرب الندوة المتأخرة التحلل الشبكى النمو الثانوى	التفاف الأوراق القلب الأجوف الجذع الأسود الندوة المبكرة
Red La Soda	الاستهلاك الطازج	متوسط التبكير	متوسط قائم	حمراء – كروية عيون عميقة	الموزايك	الجرب تشققات النمو الفيروسات الندوة المتأخرة الندوة المبكرة القلب الأجوف
Norgold Russet	الاستهلاك الطازج	مبكر	متوسط مندمج	خشنة بيضوية	الجرب تشققات النمو النمو الثانوى التحلل الشبكى	القلب الأجوف الجذع الأسود الفيروسات الندوة المبكرة الندوة المتأخرة ذبول فيرتسيليم

يتبع

تابع جدول (٣-٢):

الصنف	الاستعمالات	موعد النضج	النمو الخضرى	لون الدرنات وشكلها	التحمل ومقاومة الأمراض	القابلة للإصابة
Chieftain	الاستهلاك الطازج	متوسط	متوسط منتشر	ناعمة حمراء بيضوية مسطحة	الجرب الندوة المتأخرة التحلل الشبكى الموزايك الرايزكتونيا	الجذع الأسود
Centennial	الاستهلاك الطازج	متوسط	كبير قائم	خشنة قليلاً بيضوية	النمو الثانوى التحلل الشبكى	الجرب القلب الأجوف
Atlantic	صناعة الشبس	متوسط	كبير قائم	صفراء برتقالية كروية	الندوة المتأخرة الجرب فيرس X البطاطس التحلل الشبكى النمو الثانوى نيماتودا الحوصلات	الندوة المبكرة

الفصل الرابع

الاحتياجات البيئية

للعوامل البيئية تأثيرات بالغة على نبات البطاطس ونموه وتطوره. وندرس فى هذا الفصل الاحتياجات البيئية لنبات البطاطس بالقدر الذى يساعد المنتج على اختيار التربة، والموعد المناسبين للزراعة. أما تفاصيل تأثير العوامل البيئية، فإنها تناقش فى فصول أخرى من هذا الكتاب، خاصة تلك التى تتناول مواضيع النمو والتطور، وفسيولوجيا صفات الجودة، والعيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية، والتخزين.

العوامل الأرضية

قوام ومسامية التربة

تنجح زراعة البطاطس فى مختلف أنواع الأراضى من الرملية الخفيفة إلى الطينية الثقيلة نسبيًّا، كما تزرع أيضًا فى الأراضى العضوية، لكن أفضل الأراضى لزراعة البطاطس هى المعدنية الخفيفة القوام. ويشترط لنجاح زراعتها فى الأراضى الرملية الاهتمام بعمليتى الرى والتسميد، كما يشترط لنجاح الزراعة فى الأراضى الطينية الثقيلة نسبيًّا العناية بعمليتى الصرف والتسميد العضوى. ولا ينصح بزراعة البطاطس فى الأراضى الثقيلة أو الغدقة.

وتختلف أصناف البطاطس فى تحملها للأراضى المختلفة القوام؛ فمثلاً تنجح زراعة الأصناف ألفا، وأران بانر، وديزريه فى الأراضى الثقيلة بدرجة أكبر من غيرها من الأصناف، ولا تجود زراعة الصنفين سنج، وكنج إدوارد إلا فى الأراضى الخفيفة.

ويوصى باتباع دورة زراعية طويلة نسبيًّا للقضاء على الآفات التى تعيش فى التربة من جانب، ولتجنب انضغاط التربة soil compaction من جانب آخر؛ وهذا الأمر يحدث نتيجة لكثرة مرور الآلات الثقيلة فى حقول البطاطس.

هذا.. وتُناسب البطاطس الزراعة فى التربة الخفيفة التى ينخفض محتواها من المادة العضوية عن ٣٪. توفر التربة الخفيفة الأكسجين الذى يلزم لتنفس الدرنات، كما تسمح بازدياد الدرنات فى الحجم دون مقاومة كبيرة. أما التربة الثقيلة.. فعلى الرغم من أنها أكثر خصوبة وأكثر قدرة على الاحتفاظ بالرطوبة، إلا إنها قد تتسبب فى إحداث تشوهات بالدرنات المنتجة (Leap وآخرون ٢٠١٧).

ويؤدى انضغاط التربة إلى نقص مساميتها، وانخفاض نفاذيتها للماء، وزيادة القوة اللازمة لحرثها، ولإجراء عملية الحصاد، كما يتسبب انضغاط التربة فى إحداث التأثيرات التالية:

١- تأخير الإنبات.

٢- ضعف النمو الخضرى والنمو الجذرى.

٣- ارتفاع درجة حرارة التربة نتيجة لعدم تغطية النموات الخضرية للخطوط بصورة جيدة.

٤- نقص المحصول، وزيادة نسبة الدرنات المشوهة الشكل.

٥- تتكون الدرنات على عمق يقل بمقدار حوالى ٢,٥ سم عما فى الأراضى غير المنضغطة، وقد يرجع ذلك إلى أن الزراعة لا تكون عميقة بسبب صعوبة حرثها جيدًا، أو إلى أن النموات الأرضية لا تتعمق فيها.

٦- يتأخر النضج الفسيولوجى نتيجة لبطء الإنبات والنمو.

٧- تنخفض الكثافة النوعية للدرنات.

وتجدر الإشارة إلى أن جذور البطاطس ليست قوية، ولا يمكنها اختراق التربة الصلدة المنضغطة بسهولة. وتعتبر طبقات التربة الصلدة — التى تنشأ من جرَّاء تكرار حراثة التربة

على عمق واحد — من أكبر المشاكل التى تواجه إنتاج البطاطس؛ حيث يكون نمو الجذور وتكوين الدرنات فيها سطحيًّا. ويزيد الرى الغزير من حدة هذه المشكلة؛ حيث يعمل الماء على سرعة انتقال الطمى إلى أسفل فى التربة، وترسيبه عند العمق الذى يصل إليه سلاح المحراث، بينما يؤدى غمر التربة إلى نقص الأكسجين اللازم لتنفس الجذور.

رقم الحموضة (الـ pH)

ينصح غالبًا بزراعة البطاطس فى الأراضى التى يتراوح رقم حموضتها بين ٤,٨ و ٥,٤.. ليس لأن ذلك هو أنسب مجال لنمو نبات البطاطس، لكن لأنه لا يناسب الإصابة بمرض الجرب. أما أعلى محصول للبطاطس، فيكون فى مجال pH يتراوح بين ٥,٢ و ٦,٤. وتقل الإصابة بالجرب كثيرًا فى pH ٤,٨، وتزداد تدريجيًّا حتى يصل الـ pH إلى ٧,٥، ثم تنخفض مرة أخرى بارتفاع الـ pH عن ذلك. وتؤدى الإصابة بالجرب إلى خفض نسبة الدرنات الصالحة للتسويق. ويؤدى انخفاض pH التربة عن ٤,٥ أو زيادته عن ٧,٢ إلى نقص الكثافة النوعية للدرنات.

ملوحة التربة ومياه الرى

يمكن للبطاطس أن تنمو بصورة جيدة عندما لا تزيد درجة التوصيل الكهربائى (EC) لمستخلص التربة المشبع عن ٢,٠ مللى موز/سم، وينخفض المحصول بنسبة ١٥٪ عند ارتفاع درجة التوصيل الكهربائى إلى ٣,٠ مللى موز/سم.

وتؤدى الزيادة الكبيرة فى امتصاص النبات لعنصر الصوديوم إلى احتراق حواف الأوراق. ولا تظهر هذه الأعراض عند توفر الكالسيوم بكثرة فى التربة؛ لأنه ينافس الصوديوم على الامتصاص. ولكن الرى بطريقة الرش بمياه تحتوى على أيون الصوديوم بتركيز يتراوح بين ٥ و١٠ مللى مكافئ/لتر يؤدى إلى ظهور أعراض احتراق حواف الأوراق.

وقبل أن تظهر أعراض احتراق حواف الأوراق فى وجود تركيزات عالية من ملح كلوريد الصوديوم، فإن التركيزات المتوسطة من الملح تؤدى إلى ظهور الأعراض التالية:

١–نقص عدد سيقان النبات، وعدد الأفرع، وعدد الأوراق، والنمو الخضرى بوجهٍ عامٍ.

٢– ضعف النمو الجذرى.

٣– نقص المحصول.

٤– نقص نسبة النشا فى الدرنات، مع زيادة نسبة الصوديوم والكلور.

٥– كذلك وجد Nachmias وآخرون (١٩٩٣) أن زيادة ملوحة مياه الرى تؤدى إلى زيادة إصابة البطاطس بمرضَىّ: الندوة المبكرة، وذبول فيرتسيلليم.

وقد نمّا Levy وآخرون (١٩٨٨) نباتات البطاطس — من ستة أصناف — فى مستويات ملوحةٍ تراوحت بين ٢٠,٥، و٥١,٣ مللى مول من كلوريد الصوديوم، ووجدوا أن زيادة الملوحة صاحبها ما يلى:

١– نقص الجهد المائى والجهد الأسموزى للأوراق والدرنات.

٢– زيادة محتوى الدرنات من المواد الصلبة الذائبة، والبرولين، والمادة الجافة.

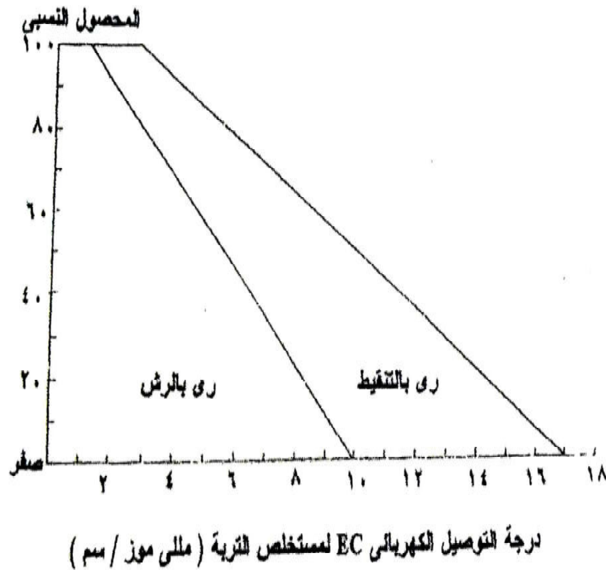
٣– نقص محصول الدرنات.

وكان الصنف ألفا متوسط التحمل للملوحة مقارنةً بالأصناف الأخرى التى شملتها الدراسة.

كما يستدل من دراسات Levy (١٩٩٢) التى قارن فيها بين تأثيرات ثلاثة مستويات من الملوحة (منخفضة: ١,٠ – ١,٤ مللى موز، ومتوسطة: ٣,٨ – ٤,٣ مللى موز ومرتفعة: ٦,١–٦,٩ مللى موز)، أن الملوحة أخرت الإنبات، وأسرعت شيخوخة النموات الهوائية، وكان لها تأثير سلبى على معدل النمو الخضرى والدرنى، وأدت إلى نقص المحصول، وتزايد النقص فى المحصول مع زيادة تركيز الأملاح. وقد توقف مقدار النقص فى المحصول فى تركيزى الملوحة المتوسط والمرتفع على بداية معاملة الرى بالماء الملحى، كما يلى:

موعد بداية المعاملة	النسبة المئوية للنقص فى المحصول – مقارنة بالكنترول –	
	المتوسط	المرتفع
عند الزراعة	٢١– ٥٤	٤٢– ٥٩
بعد الزراعة بقليل	صفر – ١٧	٢١– ٧٩
بعد ٦٦ يومًا من الزراعة	٦– ١٥	٢٢– ٣١

ويكون تأثر محصول البطاطس بملوحة مياه الرى أشدّ عن إجراء الرى بطريقة الرش منه عند إجراء الرى بطريقة التنقيط (شكل ٤ – ١).



شكل (٤–١): التأثير النسبى لملوحة مياه الرى على محصول البطاطس عند إجراء الرى بأى من طريقى الرش أو التنقيط (عن Van der Zaag ١٩٩١).

وقد درس Nadler & Heuer (١٩٩٥) تأثير مستويات مختلفة من ملوحة مياه الرى (١,٥، و٣,٠، و٦ مللى موز/سم فى تربة ملوحتها – ابتداء – ٢,٠ مللى موز/سم)، والرطوبة الأرضية (٣ مستويات: رى بوفرة، ورى بنحو ٦٠٪ من المعاملة السابقة خلال كل فترة النمو، ومنع الرى لمدة أسبوعين).. درسا تأثير تلك المعاملات على محصول ونوعية

درنات البطاطس. وقد وجدا أن المحصول الكلى لم يتأثر بأىٍ من المعاملات، بينما انخفضت نسبة الدرنات غير الصالحة للتسويق جوهريًّا بمعاملة الملوحة العالية (٦ مللى موز/سم)، وبنقص الرطوبة الأرضية. كذلك ازدادت نسبة المادة الجافة فى الدرنات مع زيادة ملوحة مياه الرى، وكذلك مع نقص الرطوبة الأرضية، بينما ازداد محتوى الدرنات من البرولين بزيادة الملوحة فقط، وازداد محتواها من السكريات المختزلة بنقص الرطوبة الأرضية فقط. ولم تكن لأىٍ من المعاملات تأثير على لون البطاطس المقلية.

وتجدر الإشارة إلى أن زيادة ملح كلوريد الصوديوم فى مياه الرى تؤثر سلبيًّا على امتصاص النبات لبعض العناصر الضرورية؛ ذلك لأن زيادة تركيز الصوديوم تثبط امتصاص البوتاسيوم — وأحيانًا كذلك — الكالسيوم والمغنيسيوم، وزيادة تركيز أيون الكلور تثبط امتصاص النترات بواسطة النبات.

وعند زيادة تركيز أيون الصوديوم فى المحلول الأرضى، فإنه يشجع تكوين كربونات الصوديوم التى تُحدث زيادة كبيرة فى pH التربة؛ يترتب عليها تثبيت بعض العناصر فى صورة غير صالحةٍ لامتصاص النبات؛ مثل عناصر: الفوسفور، والحديد، والزنك، والمنجنيز. هذا إلا أن وجود كربونات الكالسيوم فى التربة يمنع تكوين كربونات الصوديوم بها (Van der Zaag ١٩٩١).

وكثيرًا ما تحتوى الأراضى الملحية ومياه الرى الملحية — إلى جانب كلوريد الصوديوم — على تركيزات عالية من البورون. وعلى الرغم من أن البورون يُعد من العناصر الضرورية للنبات، إلا أن وجوده بتركيزات عاليةٍ يكون له تأثيرات سامة. وتظهر أعراض التسمم من البورون فى البداية على الأوراق القديمة فى صورة اصفرار، وبقع، وجفاف فى أطراف وحواف الوريقات. ومع ازدياد تراكم البورون فى أنسجة الورقة يمتد الاصفرار والجفاف تدريجيًّا بين العروق حتى يصل إلى وسط الورقة. ويحدث الضرر لمحصول البطاطس عند زيادة تركيز البورون فى المحلول الأرضى أو فى مياه الرى عن ١ – ٢ مللى مكافئ/لتر.

وبينما تتأثر البطاطس سلبيًّا بزيادة تركيز أيون الصوديوم (سواء أكان فى صورة كلوريد صوديوم، أم سلفات صوديوم)، فإنها لا تتأثر بزيادة تركيز أيون الكلوريد (فى صورة كلوريد كالسيوم) على الرغم من وصول تركيزه فى النبات إلى مستويات عالية (Hutsch وآخرون ٢٠١٧).

ولقد أفاد رش نباتات البطاطس بحامض السلسيلك بتركيز ٠٫٥ مللى مول/لتر بعد أسبوع من معاملتها بشد ملحى قدره ٥٠ مللى مول/لتر، وكانت المعاملة أكثر تأثيرًا فى الصنف N-Y LARA — بما يعنى زيادة تحمله — عما فى الصنف NARC 720-110 الذى اعتُبر أكثر حساسية للملوحة.

ولقد أدت المعاملة بحامض السلسيلك إلى تحسين نشاط الإنزيمات المضادة للاكسدة: سوبر أوكسيد ديسميوتيز، وكاتاليز، وبيروكسيديز، وتحسين التعديل الأسموزى (البرولين والمحتوى الفينولى)؛ الأمر الذى أدى إلى تعزيز العلاقات المائية وخصائص التبادل؛ ومن ثم زيادة تيسر البوتاسيوم، وخفض محتوى الصوديوم فى الأوراق. كما أظهر محصول الدرنات ارتباطًا جوهريًّا مع محتوى البوتاسيوم والبناء الضوئى ونشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة (Faried وآخرون ٢٠١٧).

العوامل الجوية

تعتبر البطاطس من النباتات التى يناسبها الجو المعتدل؛ فهى لا تتحمل الصقيع، ولا تنمو جيدًا فى الجو الشديد البرودة أو الشديد الحرارة.

يُناسب البطاطس النهار الدافئ (٢٤ — ٢٩ ْم) والطويل (١٦ — ١٨ ساعة)، والليل البارد (١٠ — ١٥ ْم)، بمتوسط حرارة قدره ١٥ — ١٨ ْم.

ويفضَّل ألاّ تُجرى الزراعة قبل وصول حرارة التربة لنحو ١٠ ْم.

وجدير بالذكر أن ارتفاع الحرارة عن ٣٠ ْم يقلل محصول الدرنات وكثافتها النوعية. وينخفض المحصول بمقدار ٤٪ مع كل ارتفاع قدرة نصف درجة مئوية عن متوسط حرارة للهواء قدرة ١٨ ْم خلال موسم النمو.

ويُقدر النهار القصير (الأقصر من ١١ ساعة) وحرارة ليل مقدارها ١٢ ْم ظروفًا مثلى لتكوين الدرنات.

وينخفض تكوين الدرنات بارتفاع الحرارة عن ٢٠ ْم، ويتوقف تكوينها فى حرارة تزيد عن ٢٩,٥ ْم.

تقل إنتاجية البطاطس كثيرًا فى الحرارة الأعلى عن المثلى، ويتوقف مدى التأثير السلبى للحرارة العالية على مرحلة النمو؛ حيث يزداد هذا التأثير السلبى على النمو والمحصول الكلى كلما حدث التعرض للحرارة العالية فى مرحلة مبكرة من موسم النمو. هذا ولا يقتصر التأثير السلبى على المحصول الكلى فقط؛ إذ يزداد معها التكوين الثانوى للدرنات والعيوب الفسيولوجية (Rykaczewska ٢٠١٥).

تتراوح درجة الحرارة المثلى لإنبات الدرنات بين ١٨ و ٢٢ ْم، إلا أن المجال المناسب يتراوح بين ١٥ ْم و ٢٥ ْم. يكون الإنبات بطيئًا فى درجات الحرارة الأقل من ذلك، بينما تتعرض التقاوى للإصابة بالعفن فى درجات الحرارة الأعلى من ذلك. ويبين جدول (٤-١) الفترة التى يستغرقها إنبات الدرنات وظهور النبت فوق سطح التربة عند اختلاف درجة حرارة التربة بين ٤,٤ و ١٨,٣ ْم؛ وهى الحرارة التى تسود غالبًا فى موعد زراعة العروة الصيفية للبطاطس فى مصر.

جدول (٤-١): عدد الأيام التى يلزم مرورها لظهور النبت الجديد فوق سطح الترة عند اختلاف حرارة التربة بين ٤,٤ و١٨,٣ ْم، واختلاف عمق الزراعة (عن Univ. Calif. ١٩٨٦).

حرارة التربة عند الزراعة (مْ)	عدد الأيام حتى ظهور النبت الجديد عندما تكون الزراعة على عمق	
	١٠	١٥
٤,٤	٤٠ أو أكثر	٤٠ أو أكثر
٧,٢	٣٠	٤٠
١٠,٠	٢٥	٢٨
١٢,٨	٢٢	٢٦
١٥,٦	٢٠	٢٤
١٨,٣	١٨	٢٢

تناسب نبات البطاطس حرارة تميل إلى الارتفاع ونهار طويل نسبيًّا فى بداية حياته، وحرارة تميل إلى الانخفاض، ونهار قصير نسبيًّا فى النصف الثانى من حياته. وتعمل الظروف الأولى على تشجيع تكوين نموٍّ خضرىٍّ قوىّ فى بداية حياة النبات قبل أن يبدأ فى وضع الدرنات، ثم تعمل الفترة الضوئية القصيرة على تحفيز وضع الدرنات، ويساعد انخفاض الحرارة قليلاً على زيادتها فى الحجم، وزيادة المحصول تبعًا لذلك.

وبالمقارنة.. فإن الحرارة المرتفعة فى النصف الثانى من حياة النبات تثبط تكوين الدرنات، ليس فقط فى البطاطس، ولكن كذلك فى عديدٍ من الأنواع الأخرى التى تُكوِّن درنات من الجنس *Solanum*. ويمكن القول — بصورة عامة — أن الحرارة التى تناسب النمو الخضرى تزيد على ٢٠ °م، بينما تلك التى تناسب النمو الدرنى تقل عن ٢٠ °م (Cao & Tibbitts ١٩٩٤).

ولقد وُجد فى دراسة شملت خمسة أصناف أن الحرارة العالية استحثت تغيرات غير طبيعية فى النسيج الوعائى كان لها علاقة مباشرة بتخزين الغذاء فى الدرنات ومحصول الدرنات. وقد أظهرت الأصناف التى حافظت على حجم أوعية الخشب ونسيج اللحاء قدرة على الحد من التأثيرات السلبية للحرارة العالية على محصول الدرنات، خاصة وأن الحرارة العالية أحدثت خفضًا جوهريًّا فى صافى البناء الضوئى (Paul وآخرون ٢٠١٧).

ترجع أهمية الحرارة المنخفضة قليلاً فى النصف الثانى من حياة النبات إلى أنها تؤدى إلى خفض معدل التنفس فى جميع أجزاء النبات؛ فيزيد بالتالى فائض المواد الغذائية الذى يخزن فى الدرنات. ولدرجة الحرارة ليلاً أهمية أكبر من درجة الحرارة نهارًا فى هذا الشأن؛ لأن حرارة الليل المنخفضة لا تؤثر على معدل التنفس، بينما تؤثر حرارة النهار المنخفضة — إلى جانب ذلك — على معدل البناء الضوئى الذى ينخفض أيضًا بانخفاض درجة الحرارة. وعلى الرغم من ذلك.. فإن انخفاض درجة الحرارة نهارًا يُعد أفضل من ارتفاعها؛ لأن ارتفاعها كثيرًا يجعل معدل الهدم بالتنفس أكبر من معدل البناء بالتمثيل؛ فتكون المحصلة سلبية.

ولقد أدى تعريض نباتات البطاطس لنهار طويل (١٨ ساعة مقارنة بنهار ١٢ ساعة)، وحرارة عالية (٣٠°م نهارًا/٢٤°م ليلاً مقارنة بحرارة أقل حتى ١٢/١٢°م) إلى تأخير بدء النمو المطرد للدرنات وتأخير زيادتها الخطية فى الحجم. كذلك قللت الحرارة العالية من معدل النمو الدرنى المطلق، بينما لم تؤثر الفترة الضوئية على معدل النمو الدرنى المطلق فى الحرارة المنخفضة. كما أدت الحرارة العالية مع الفترة الضوئية الطويلة إلى خفض معدلات وصول المادة الجافة للدرنات (Van Dam وآخرون ١٩٩٦).

ويؤدى الارتفاع الكبير فى درجة حرارة التربة إلى تحليق ساق النبات عند مكان تلامسه مع التربة. وتبدأ الأعراض بظهور لون رصاصى ضاربٍ إلى البياض فى منطقة الإصابة، ثم يتحول تدريجيًّا إلى اللون البنى الفاتح. وقد تؤدى الإصابة الثانوية بالكائنات الدقيقة إلى تلون النسيج المصاب باللون البنى الداكن، وقد يتعفن نتيجة لذلك. تشتد الإصابة فى المراحل الأولى من حياة النبات عندما تكون النموات الخضرية صغيرة، ولا تكفى لتظليل التربة عند قاعدة النبات.

وعلى الرغم من أن نباتات البطاطس تجود فى الجو المائل إلى البرودة، إلا أنها تتضرر من البرودة الشديدة؛ فيؤدى تعرض النباتات لدرجة حرارة تزيد عن درجة التجمد وتقل عن ٤°م لعدة أيام قبل الحصاد إلى إصابة الدرنات بأضرار البرودة، والتى من أهمها ما يلى:

١- يزيد محتوى الدرنات من السكريات المختزلة، والتى تعد السبب الرئيسى لتلون الشبس والبطاطس المحمرة باللون الداكن عند القلى.

٢- يحدث تحلل شبكى داخلى Internal Net Necrosis نتيجة لتحلل خلايا اللحاء فقط دون باقى أنسجة الدرنة؛ نظرًا لكونها أكثر حساسية للحرارة المنخفضة من غيرها. وقد يكون نسيج اللحاء المتأثر متناثرًا فى جميع أنحاء الدرنة، أو متركزًا فى الجانب المعرض للحرارة المنخفضة، أو فى منطقة الحزم الوعائية. وتتشابه هذه الأعراض كثيرًا مع أعراض التحلل الشبكى الذى يُحدثها فيرس التفاف الأوراق.

٣- تصاب الدرنات بالتلون الماهوجنى الداخلى Internal Mahogany Browning، وهو عيب فسيولوجى، من أهم أعراضه ظهور مناطق داخلية بلون أحمر ضارب إلى البنى أو الأسود، خاصة فى مركز الدرنة. وتتشابه هذه الأعراض — إلى حدٍ كبير — مع أعراض الإصابة بحالة القلب الأسود. ومع تقدم الإصابة يجف النسيج المتأثر وتظهر فجوات مكانه.

أما التعرض لدرجة حرارة التجمد، فإنه يعنى فقد المحصول؛ فيؤدى تجمد النموات الخضرية ثم تفككها إلى ذبول الأوراق وانهيارها، ثم تبدو مائية المظهر Water-Soaked، وتتلون باللون الأسود؛ فتظهر كأنها محترقة. تتتابع هذه الأعراض بسرعة كبيرة عند ارتفاع درجة الحرارة فى الصباح، وبمجرد تفكك الأنسجة التى تجمدت ليلاً. ولا تلبث الأوراق أن تجف بعد ذلك، وتتحول إلى اللون البنى. وتشتد حالات الإصابة بالتجمد فى المناطق المنخفضة التى يتجمع فيها الهواء البارد، وفى المرتفعات التى تكون باردة بطبيعتها.

وإذا حدث وتجمدت الدرنات فى التربة — وهو أمر نادر فى المناطق المعتدلة — فإن الأنسجة المتجمدة تبدو مائية المظهر؛ وذات حدود واضحة تميزها عن الأنسجة غير المتجمدة. وعند تفكك النسيج المتأثر، فإنه يتحول سريعًا إلى اللون الوردى أو الأحمر، فالبنى أو الرمادى، ثم الأسود، ويصبح متعفنًا وطريًّا (Rastovski & Van Es ١٩٨١).

ويحدث التجمد لنباتات البطاطس إذا انخفضت درجة الحرارة عن — ٣ °م، وهى تتشابه فى هذا الأمر مع عدد كبير من الأنواع الأخرى التابعة للجنس *Solanum*، بينما يمكن لبعض الأنواع البرية الأخرى أن تتحمل درجات حرارة أكثر انخفاضًا، تصل إلى –٤,٥ °م فى النوع *S. commersonii*، وإلى –٥ °م فى النوع *S. chomatophilum*، و–٦ °م فى النوع *S. acaule*، ويمكن بالأقلمة التدريجية على الحرارة المنخفضة (٢ °م) أن يتحمل النوع الأخير حرارة تصل إلى –٩ °م، بينما لا تتأثر البطاطس كثيرًا بعملية الأقلمة على الحرارة المنخفضة (Li & Fennell ١٩٨٥).

وينظم كلاً من حامض السلسيلك وفوق أكسيد الأيدروجين استجابات تحمل الشدِّ البيئى، ووُجد أنهما يستحثا تحمل شدّ التجمد فى نبيتات مزارع أنسجة البطاطس.

وبدراسة الأمر على النباتات الكبيرة، عُوملت درنات التقاوى بالغمس لفترة طويلة (ساعة واحدة) بالقدر الذى أدى إلى تشبع الدرنات المينى النابتة sprouted بحامض السلسيلك بتركيز $١٠^{-٥}$ مول أو بفوق أكسيد الأيدروجين بتركيز مللى مول واحد، ثم زراعتها فى بالتربة الصوبة، أو أُجريت المعاملة برش النباتات وهى بارتفاع ٥–٨ سم مرتين أسبوعيًا بحامض السلسيلك بتركيز $١٠^{-٥}$ مول أو بفوق أكسيد الأيدروجين بتركيز مللى مول واحد، وذلك حتى عمر ٤٥ يومًا. وقد أعقب ذلك فى كل المعاملات تعريض النباتات — وهى بعمر ٤٥ يوم — لحرارة –٦ ± ١ °م لمدة ٤ ساعات، وقُدِّر معدل بقائها بعد ذلك بخمسة عشر يومًا. أظهرت النتائج أن حامض السلسيلك وفوق أكسيد الأيدروجين استحثا تحمل التجمد فى كلتا المعاملتين (معاملى التقاوى والرش). كان بقاء النباتات — دون موت — أعلى جوهريًّا فى معاملتى حامض السلسيلك وفوق أكسيد الأيدروجين عما كان عليه فى نباتات الكنترول. وفى كلٍ من معاملتى غَمس التقاوى والرش كان البقاء مُصاحبًا بتركيز أقل من فوق أكسيد الأيدروجين الداخلى بعد معاملة التجمد، مقارنة بما كان عليه الحال فى نباتات الكنترول، كما انخفض الشد التأكسدى، ولكن بدا أن حامض السلسيلك وفوق أكسيد الأيدروجين يؤثران من خلال مسارات مختلفة نظرًا لأنهما استحثا مستويات مختلفة من إنزيم الكاتاليز (López-Delgado وآخرون ٢٠١٨).

ويمكن أن تضار البطاطس بشدة من سقوط البَرَدْ، وخاصة إذا حدث ذلك فى مرحلة تفتح الأزهار أو قبل ذلك بقليل؛ وهى المرحلة التى تبدأ عندها زيادة حجم الدرنات المتكونة. ويحدث الضرر نتيجة لنقص المساحة الورقية؛ بسبب ما يُحدثه البرد من أضرار بالأوراق. وقد قدّر Burger (١٩٩٣) أن تلف أوراق النبات فى مرحلة تفتح الأزهار — بسبب البَرَدْ — بنسبة ١٠٠٪ يؤدى إلى نقص المحصول بنسبة ٦٠٪، بينما يؤدى تلف ٥٠٪ من الأوراق إلى نقص المحصول بنسبة ٢٠٪ – ٣٠٪. ومن الأضرار الأخرى للبَرَدْ تأخر الحصاد، وصغر حجم الدرنات المتكونة، وزيادة محتواها من السكريات المختزلة. وتتميز الأصناف المتأخرة بقدرة على تجديد النموات الخضرية — بعد التعرض لأضرار البردْ — أكبر من قدرة الأصناف المبكرة.

ولا تتحمل درنات البطاطس التعرض لأشعة الشمس القوية بعد الحصاد مباشرةً؛ فذلك يهيئها للإصابة بالعفن أثناء النقل والتخزين، دون أن تظهر عليها أية أعراض خارجية سابقة لذلك، باستثناء خروج بعض الإفرازات المائية من العديسات. وتؤدى زيادة فترة التعرض للأشعة القوية — خاصة عند ارتفاع درجة الحرارة — إلى إصابة الدرنات بلسعة الشمس. وتبدو المناطق المتأثرة غائرة قليلاً، وتأخذ مظهرًا حلقيًا.

الفصل الخامس

التقاوى وطرق الزراعة

على الرغم من تعدد المحاولات لإكثار البطاطس بوسائل أخرى غير الدرنات، إلا أن التكاثر بالدرنات — الكاملة أو المجزأة — ما زالت هى الطريقة السائدة لتكاثر وزراعة البطاطس. وتعرف الدرنات التى تستخدم فى الزراعة باسم التقاوى.

وقد بدأت فى السبعينيات من القرن الماضى محاولات لإكثار البطاطس عن طريق البذور الحقيقية؛ وهى طريقة تناسب الدول التى لا تصلح ظروفها البيئية لإنتاج التقاوى (الدرنات) الخالية من الإصابات الفيروسية، ولكن لم يشع اتباعها على نطاق تجارى حتى الآن.

كما جرت محاولات لإكثار البطاطس تجاريًّا بواسطة الدرنات الصغيرة minitubers، والشتلات المنتجة من العقل الساقية nodal cuttungs، وذلك بالاستعانة بتقنيات زراعة الأنسجة.

ونتناول بالدراسة فى هذا الفصل الطرق المختلفة لتكاثر وزراعة البطاطس، مع التركيز على الزراعة بطريقة الدرنات العادية، وهى الطريقة السائدة للزراعة فى مختلف الدول العربية.

التكاثر بالدرنات وتداول التقاوى

مصادر تقاوى البطاطس المستخدمة فى مصر

تستورد مصر تقاوى البطاطس من بعض الدول الأوربية؛ مثل: هولندا، وألمانيا، والدانمرك، وإنجلترا، وأيرلندا لغرض زراعتها فى العروة الشتوية للتصدير، وفى العروة الصيفية للاستهلاك المحلى والتصدير، أما التقاوى المستخدمة فى زراعة العروة الخريفية، فإنها تؤخذ من المحصول المنتج محليًّا فى العروة الصيفية. ولا تستورد مصر تقاوى البطاطس من الولايات المتحدة أو كندا؛ وذلك لوجود مرض العفن الحلقى ring

rot فيهما، بينما لا ينتشر هذا المرض فى مصر أو أوروبا. ويعنى استيراد التقاوى من أمريكا احتمال انتشار المرض فى مصر من جهة، وتوقف أوروبا عن استيراد البطاطس المصرية من جهة أخرى.

وتُنتج التقاوى المستوردة من أوروبا خلال فصل الصيف، وتقلع فى شهرى أغسطس وسبتمبر. وتقوم لجان خاصة بالتعاقد على الكميات التى تحتاج إليها مصر من التقاوى؛ بحيث تصل إلى الموانئ فى شهر نوفمبر لزراعة العروة الشتوية. وخلال شهرى ديسمبر ويناير لزراعة العروة الصيفية.

ومن الأهمية بمكان وصول التقاوى فى مواعيدها؛ نظرًا لأن تأخيرها يتسبب فيما يلى:

١- إنبات البراعم وتكوينها لنموات طويلةٍ رفيعةٍ بيضاء اللون.

٢- تأخير زراعة العروة الشتوية؛ فيتأخر نضجها، وتضيع فترة من موسم التصدير.

٣- تأخير زراعة العروة الصيفية ونقص محصولها تبعًا لذلك.

أما تقاوى العروة الخريفية التى تُنتج محليًّا من العروة الصيفية، فإنها تحصد خلال شهرى مايو ويونيو، ثم تفرز لاستبعاد الدرنات المصابة بالأمراض، والمقطوعة، والكبيرة الحجم. وتؤخذ الدرنات الصغيرة الحجم السليمة لكى تجرى لها عملية العلاج أو المعالجة curing، ثم تخزن فى نوالات، أو تعبأ فى أجولة فى ثلاجات لحين زراعتها خلال شهرى أغسطس وسبتمبر.

ومنذ عدة سنوات يتم الاعتماد على التقاوى المنتجة محليًّا من العروة الصيفية فى زراعة العروة الشتوية (عروة التصدير لأوروبا) — كذلك — بالإضافة إلى العروة الصيفية؛ وبذا.. أمكن التوسع فى زراعة هذه العروة دونما انتظار لوصول التقاوى اللازمة لها من أوروبا؛ الأمر الذى أحدث قفزةً كبيرةً فى صادرات مصر من البطاطس إلى السوق الأوروبية.

وقد جرت العادة على اعتبار التقاوى المنتجة محليًّا أقل جودة من التقاوى المستوردة؛ لأن الجو السائد فى مصر وقت إنتاج التقاوى يساعد على انتشار الأمراض الفيروسية، كما أن برنامج إنتاج التقاوى فى مصر لا يخضع للقواعد التى يخضع لا برنامج إنتاج التقاوى فى الخارج، إلا أن شعبة بحوث الخضر قد قامت منذ السبعينيات بمحاولاتٍ جادة، ليس فقط للارتفاع بمستوى تقاوى العروتين الشتوية والصيفية، وإنما أيضًا لإنتاج جزء كبير من احتياجات الدولة من تقاوى العروة الصيفية التالية.

اختيار التقاوى الخالية من الإصابات المرضية

نظرًا لاستحالة خلو تقاوى البطاطس من جميع الإصابات المرضية بصورة تامة، فإنه يُسمح بنسب منخفضة من تلك الإصابات لا تتجاوز فى مجموعها ٥,٠٪ من الدرنات، ولكنها لا تتعدى نسب معينة من كل مرض حسب خطورته. فمثلاً.. يتعين رفض التقاوى التى تزيد نسبة الإصابة بالفيوزاريم فيها عن ٥,٠٪، مع التخلص من الدرنات المصابة قبل الزراعة. كذلك لا يجب استعمال الدرنات التى تزيد فيها الإصابة بالقشف الفضى silver scurf عن ٥٪ من سطحها، أو لوطات التقاوى التى تزيد فيها الإصابة بالعفن الطرى عن ١٪. وعمومًا يجب عدم استعمال الدرنات التى تظهر فيها الأجسام الحجرية لفطر الرايزوكتونيا، أو تلك التى تظهر عليها إصابات بالندوة المبكرة أو الندوة المتأخرة، كما أن الإصابة بالجرب يمكن أن تتسبب فى تلويث الحقول الخالية منه بالفطر.

وعلى الرغم من أن البطاطس المستوردة من أوروبا هى من الرتب المسجلة والمعتمدة، إلا أنها لا تخلو من الإصابات المرضية. ويستدل على ذلك من دراسات Tsror وآخرين (١٩٩٣) التى دامت ٨ سنوات (من ١٩٨٥ إلى ١٩٩٢) قاموا خلالها بفحص رسائل تقاوى البطاطس المستوردة من أوروبا إلى إسرائيل، والتى تبين منها أن معظم الرسائل كانت حاملةً لإصابات بكتيرية وفطرية كامنة أو نشطة، كما يلى:

١- احتوت ٣٠٪ من الرسائل — فى معظم سنوات الدراسة — على إصابة كامنة بالبكتيريا *Erwinia carotovra* subsp. *atroseptica* قدرت بنحو 10^3 خلية بكتيرية/ جرام واحد من قشر (ناتج تقشير) البطاطس.

٢- وجد الفطر *Rhizoctonia solani* مسبب مرض القشف الأسود black scurf فى نحو ٢٠٪-٧٠٪ من الرسائل بمستويات إصابة قدرت بين المتوسطة والشديدة.

٣- وجدت الفطريات: *Spongospora subterranea* (مسبب مرض الجرب المسحوقى)، و *Streptomyces scabies* (مسبب مرض الجرب العادى)، و *Fusarium* spp. (مسبب مرض العفن الجاف الفيوزارى) فى عديد من رسائل البطاطس المستوردة، ولكن مستويات الإصابة كانت منخفضة بصورة عامة.

٤- نادرًا ما أمكن عزل الفطر *Phoma exigua* مسبب مرض الغرغرينة gangrene.

ويمكن الرجوع إلى Secor وآخرين (١٩٩٧) بخصوص انتخاب وفحص التقاوى ومعاملاتها وتداولها للحد من الإصابات المرضية.

العمر الفسيولوجى لدرنات التقاوى

يجب أن نميز بين العمر الزمنى chronological age للدرنات، وعمرها الفسيولوجى physiological age؛ فالعمر الزمنى هو الفترة التى تمر ما بين حصاد درنات التقاوى فى الموسم السابق إلى حين زراعتها، أما العمر الفسيولوجى فإنه يتضمن تفاعلات تحدث ما بين العوامل البيئية وظروف الزراعة أثناء إنتاج محصول درنات التقاوى، وخلال تخزينها، مقترنة بالعمر الزمنى.

ويمكن تعريف العمر الفسيولوجى بأنه الحالة الفسيولوجية لدرنات التقاوى المؤثرة فى إنتاجيتها. ويُعد تراكم الوحدات الحرارية — بالتعرض للحرارة العالية — أهم العوامل التى تؤثر فى زيادة العمر الفسيولوجى.

وتُعد التقاوى ذات العمر الفسيولوجى المتوسط هى الأفضل للزراعة، لكن مدى العمر الفسيولوجى المناسب يختلف باختلاف الأصناف.

هذا.. ويزداد العمر الفسيولوجى للدرنات بالعوامل التالية:

١- بارتفاع درجة الحرارة أثناء موسم إنتاج التقاوى.

٢- بالتداول الخشن للتقاوى الذى تزيد معه الخدوش والجروح.

٣- بارتفاع درجة حرارة تخزين التقاوى عن الحرارة المثلى وهى ٣٫٣ ْم (٣٨ ْ ف)، التى تحد من التزريع.

٤- بارتفاع الحرارة أو تقلبها أثناء شحنها أو زيادة فترة بقائها فى الشاحنات، أو أثناء التخزين (Bohl وآخرون — ٢٠١٠ — Seed and planting management — الإنترنت).

وللتعرف على العمر الفسيولوجى الذى وصلت إليه الدرنات يوضع عدد منها فى حرارة الغرفة ويلاحظ إنبات عيونها.

هذا.. وتمر البطاطس — فيما يتعلق بالعمر الفسيولوجى — بخمس مراحل كما يلى:

أ- التقاوى الساكنة .. وتلك لا تنبت.

ب- التقاوى الصغيرة العمر young seed .. تظهر فيها عند استنباتها ظاهرة السيادة القمية وهى تعطى عند زراعتها عددًا قليلاً من الدرنات ولكن بحجم كبير نسبيًّا.

ج- التقاوى المتوسطة العمر middle-aged seed .. تتكون بها عدة نموات عند محاولة استنباتها، وهى أفضل التقاوى للزراعة.

د- التقاوى الكبيرة العمر old seed.. تظهر بتلك الدرنات نموات متفرقة — كثيرة الشعيرات — عند محاولة استنباتها. تعطى النباتات التى تنتج من زراعة تلك التقاوى أعدادًا كبيرة من الدرنات، ولكنها تبقى صغيرة الحجم لافتقار النموات الخضرية لقوة النمو.

هـ- التقاوى المعمرة جدًّا "Potato No Top" .. تُنتج تلك التقاوى درنات صغيرة مكان النموات الخضرية بمجرد محاولة استنباتها (Johnson ٢٠٠٦).

تجهيز درنات التقاوى للزراعة

لتجهيز درنات التقاوى للزراعة يلزم تزريعها بعملية تُعرف باسم التخضير greening أو chitting، وذلك بوضعها فى حرارة الغرفة أو رفع حرارة المخزن إلى

١٠–١٣ْم قبل الموعد المتوقع للزراعة بنحو ٢–٣ أسابيع. ويمكن تعريض الدرنات للضوء خلال فترة التخضير، لكن مع مراقبتها حتى لا تجف أثناء التبرعم.

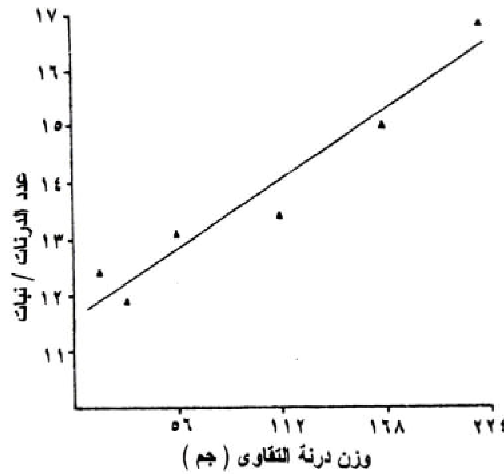
ويمكن تقطيع درنات التقاوى الكبيرة إلى أجزاء أصغر يزن كل منها ٤٥–٨٥ جم ويحتوى على عينين على الأقل. ويجب السماح للسطح المقطوع بالالتئام لمدة ثلاثة أيام قبل الزراعة. وتؤدى زراعتها مباشرة بعد تقطيعها إلى زيادة فرصة تعفنها فى التربة، خاصة إن كانت شديدة الجفاف أو كانت حرارتها عالية (Leep وآخرون ٢٠١٧).

الحجم المناسب لقطعة التقاوى

يزداد عدد الدرنات التى يكونها نبات البطاطس بزيادة وزن قطعة التقاوى المستخدمة فى الزراعة من ٣٠ إلى ٢٢٥ جرام (شكل ٥–١)، ويزداد المحصول تبعًا لذلك، لكن زيادة حجم قطعة التقاوى تتبعها زيادة كمية التقاوى المستخدمة لوحدة المساحة، وزيادة تكاليف الإنتاج، وعند تساوى كمية التقاوى المزروعة فى وحدة المساحة نجد أن الدرنات الصغيرة الحجم تكون أكثر عددًا، وتعطى بالتالى محصولاً أكبر، إلا أن الدرنات الصغيرة ليست مأمونة الاستعمال، لاحتمال جفافها، أو إنتاجها لنبات ضعيف.

وأصغر حجم يمكن استعماله لقطعة التقاوى هو الذى يكفى لإمداد النبات بحاجته من الغذاء حتى يكمل تكوين مجموعه الجذرى، وهو أمر يستغرق نحو ٦ أسابيع من الزراعة، ويكون النبات قد وصل حينئذٍ إلى ارتفاع حوالى ٢٥ سم؛ ففى إحدى الدراسات أزيلت قطعة التقاوى بعد الزراعة بفترات مختلفة، وكانت النتائج كالتالى (عن Hardenburg ١٩٤٩):

عدد الأيام من الزراعة حتى إزالة قطعة التقاوى	المحصول كنسبة مئوية من معاملة المقارنة
٢٢	٣٣
٢٩	٨٠
٤٢	١٠٠



شكل (٥–١): العلاقة بين وزن درنة التقاوى، وعدد الدرنات التى يكونها النبات.

وإذا اضطر المنتج إلى استعمال درناتٍ صغيرة الحجم فى الزراعة، فإنه يتعين عليه تضييق مسافة الزراعة؛ ليمكن تعويض الضعف فى النمو النباتى الناشئ عن استعمال درنات صغيرة الحجم فى الزراعة. وبهذه الوسيلة، يمكن الاستفادة من الدرنات الصغيرة التى يتراوح وزنها بين ٢٥ و ٣٥ جم.

وعمليًّا، فقطعة التقاوى المناسبة للزراعة يتراوح وزنها بين ٤٥ جم و٦٠ جم، ويتراوح قطرها بين ٤ سم و٥ سم. ويحكم ذلك العوامل الاقتصادية والبيئية، ومسافات الزراعة. وتستخدم الأحجام الكبيرة عند الزراعة على مسافات واسعة. وتعطى الدرنات الأصغر من ذلك نباتات ضعيفة، بينما لا يكون استعمال الدرنات الأكبر من ذلك اقتصاديًّا إلا عند الزراعة فى الجو الحار؛ حيث تتعفن التقاوى المجزأة؛ ويضطر المزارعون لاستخدام الدرنات الكبيرة نسبيًّا فى الزراعة؛ لأنها أقل تعرضًا للعفن.

وفى دراسة أجريت على الوزن المناسب لقطعة التقاوى من الصنف رست بيربانك Russet Burbank (Iritani وآخرون ١٩٧٢) استعملت فى الزراعة تقاوٍ مجزأة، وزنها ١٥ جم، أو ٣٠ جم، أو ٤٥ جم أو ٦٠ جم، أو درنات كاملة وزنها ٦٠ جم، أو تقاوٍ تتكون من خليط من قطع مجزأة، وزنها ١٥ جم بنسبة ١٤٪، مع قطع مجزأة وزنها

٣٠ جم بنسبة ٦٢٪، وقطع مجزأة وزنها ٤٥ جم بنسبة ٢٤٪. وقد وجد الباحثون أن زيادة وزن قطعة التقاوى صاحبها ما يلى:

١- زيادة عدد السيقان التى ينتجها النبات.

٢- نقص نسبة الجور الغائبة.

٣- زيادة قوة نمو النبت وحجم النبات.

٤- زيادة المحصول الكلى. وكان الارتباط موجبًا ومعنويًّا بين المحصول وحجم قطعة التقاوى، وبلغت قيمته ٠,٩٨٢.

ومن الدراسات الأخرى التى أجريت فى هذا الشأن، حصل Khurana وآخرون (١٩٩١) على أعلى محصول من البطاطس عند زراعة درنات كان متوسط وزنها ٢٥ جم (مقارنة بوزن ٥٠ و ١٠٠ جم) بمعدل ١,٥٦ طن للفدان (مقارنة بمعدل ٠,٦٢٥ طن). كما حصل Krishnappa (١٩٩١) على أعلى محصول عند زراعة درنات تراوح قطرها بين ٤٦ و ٥٥ مم على مسافة ٢٠ سم من بعضها البعض فى خطوط بعرض ٦٠ سم.

وعمومًا.. يزاد النمو النباتى وقوته (ارتفاع النبات وعدد السيقان بالنبات ووزن النمو الخضرى)، وتقل نسبة الجور الغائبة، ويزيد المحصول الكلى الصالح للتسويق بزيادة قطر درنة التقاوى من الصغيرة (٢,٥- ٣,٥ سم) إلى المتوسطة (٣,٥- ٤,٥ سم) إلى الكبيرة (٤,٥-٦ سم). تبين ذلك من دراسة أُجريت على أصناف البطاطس ديامنت Diamant، واسبونتا Spunta، وبركه Baraka، وموندیال Mondial تحت ظروف العروة الخريفية فى أسيوط (El-Nashar وآخرون ١٩٩٥).

وعند استخدام خليط من أحجام درنات التقاوى معًا فى نفس الزراعة، فإن الجور الناتجة من زراعة أحجام كبيرة يزداد محصولها على حساب محصول الجور الناتجة من زراعة الأحجام الصغيرة التى قد تكون مجاورة لها، إلاّ أن المحصلة النهائية تكون زيادة المحصول الكلى (Hide وآخرون ١٩٩٧).

كسر سكون درنات التقاوى

تمر درنات البطاطس بعد وضعها بفترة سكون dormancy لا تكون قادرةً خلالها على الإنبات، حتى لو توفرت لها الظروف البيئية المناسبة لذلك. ويطلق الكثيرون على هذه الفترة اسم السكون، لكن الأصح هو أن تسمى بفترة الراحة rest period؛ لأن حالة السكون توصف بها — عادة — البذور أو البراعم غير القادرة على الإنبات؛ بسبب عدم توفر الظروف البيئية المناسبة لذلك. وأيًا كانت التسمية، فإن تقاوى البطاطس لا تنبت إلا بعد مرور هذه الفترة.

وإذا احتاج الأمر لزراعتها قبل استعادة مقدرتها على الإنبات، فإنه يلزم إنهاء حالة السكون؛ وذلك بتعريضها لمعاملات خاصة. وتجرى هذه المعاملات فى الحالات التالية:

١- عند زراعة محصولين من البطاطس فى نفس الموسم؛ حيث تكون درنات الزراعة الأولى ساكنة عندما يحين موعد الزراعة الثانية.

٢- عند استيراد التقاوى من دولة لزراعتها فى دولة أخرى قبل انتهاء فترة السكون.

٣- عند الرغبة فى زراعة عينات من التقاوى على وجه السرعة؛ لاختبارها فى برامج إنتاج التقاوى المعتمدة.

ويتم كسر وإنهاء سكون الدرنات بإحدى المعاملات التالية:

١- تخزين التقاوى فى حرارة ٢٠-٣٠ ْم مع رطوبة نسبية مرتفعة لمدة ٣-٤ أسابيع. وتلك طريقة عملية ومؤثرة، إلا أنها لا تفيد عند الرغبة فى زراعة التقاوى قبل انقضاء هذه المدة.

٢- معاملة الدرنات بغاز ثانى كبريتيد الكربون carbon disulphide.

٣- معاملة التقاوى بالإيثيلين كلوروهديرن ethylene chlorohydrin؛ وتلك هى

أكثر الطرق استعمالاً على النطاق التجارى. ويتوقف التركيز المستعمل على ما إن كانت التقاوى كاملة أو مجزأة؛ فتعامل التقاوى الكاملة بمعدل ٠,٥ كجم من المادة لكل طن من الدرنات فى مخازن محكمة الإغلاق لمدة ٣ أيام. أما التقاوى المجزأة، فتغمر فى محلول من المادة بتركيز ١,٢٪ ثم تُنشل، وتصفى، وتترك فى مخازن محكمة الإغلاق لمدة ١٦–٢٤ ساعة. وتبلغ نسبة المادة الفعالة فى التحضيرات التجارية ٤٠٪. ولم تعد هذه الطريقة مستعملة، على الرغم من شدة فاعليتها؛ نظرًا لخطورتها على صحة الإنسان، وتُجرى بدلاً من ذلك المعاملة بالإيثيلين كلوروهيدرين بمعدل لترين من المادة لكل طن من التقاوى الكاملة، مع خلط المادة بقطعٍ من القماش أو الشاش؛ لزيادة السطح الذى تتبخر منه المادة، ويكون ذلك لمدة ٤ أيام على حرارة ٢٠°م — ٢٤°م، وفى مخازن محكمة الإغلاق. وتتم بعد ذلك تهوية المخزن لمدة يوم أو يومين، ثم تزرع الدرنات مباشرةً، أو تجزأ حسب الحاجة.

ويستخدم أيضًا مخلوط يطلق عليه تجاريًّا اسم ريندايت rindite، وهو يتكون من الإيثيلين كلوروهيدرين، وثنائى كلوريد الإيثانول 1,2-dichoroethanol، ورابع كلوريد الكربون carbon tetrachloride بنسبة ٧:٣:١ – على التوالى – بالحجم. تعرض الدرنات لأبخرة المخلوط لمدة ٤٨ ساعة على حرارة ٢٤°م.

٤– غمر التقاوى الكاملة أو المجزأة لمدة خمس دقائق فى محلول حامض الجبرلليك بتركيز ١–٢ جزء فى المليون. كما استعمل بعض الباحثين (مثل Al-Fayyad & Kasrawi ١٩٩١) — بنجاح — تركيز — خمسة أجزاء فى المليون. تؤدى هذه المعاملة — كذلك — إلى زيادة طول النموات الجديدة النابتة (Kocacaliskan ١٩٩٠).

كذلك وجد El-Asdoudi & Ouf (١٩٩٤) — فى مصر — أن غمر درنات التقاوى من صنفى البطاطس ديامنت، وديزريه فى محلول حامض الجبرلليك بتركيز جزء واحدٍ فى المليون، أو ٥، أو ١٠ أجزاء فى المليون لمدة ١٠ دقائق.. أدى إلى سرعة إنبات الدرنات، مقارنة بعدم المعاملة بالجبرللين.

٥- غمر الدرنات لمدة ساعة فى محلول ثيوسيانات الصوديوم، أو البوتاسيوم، أو الأمونيوم بتركيز ١٪. تزرع الدرنات بعد المعاملة مباشرة دون أن تغسل. ولا تفيد هذه المعاملة إلا مع الدرنات التى قاربت على الانتهاء من حالة السكون. ويمكن عند الضرورة كسر سكون الدرنات غير التامة النضج بمعاملتها أولاً بالإيثيلين كلوروهيدرين، إما بطريقة الغمر، وإما بطريقة التعريض للأبخرة، ثم تنقع بعد ذلك وهى مجزأة فى محلول ثيوسيانات الصوديوم لمدة ساعة قبل الزراعة.

٦- غمر الدرنات الحديثة الحصاد فى محلول مائى من الثيوريا Thiourea بتركيز ٢٪ لمدة ساعة، ثم تغسل بالماء قبل زراعتها. يخفض التركيز المستعمل إلى ١٪ إن كانت فترة السكون قد قاربت على الانتهاء؛ أى إن كانت الدرنات قد مرت عليها عدة أسابيع منذ الحصاد. ومن مزايا المعاملة بالثيوريا أنها تؤدى أيضًا إلى كسر حالة السيادة القمية apical dominance (Avery وآخرون ١٩٤٧، و Burton ١٩٧٨).

٧- غمر التقاوى لمدة ٤-٥ ساعات فى محلول كاربيد الكالسيوم بتركيز ٠,٤٥-٠,٦٠٪. يُحدث المركب تأثيره من خلال إنتاجه لغاز الأسيتيلين (Yamaguchi ١٩٨٣).

٨- تعفير الدرنات بمركبات النيتروجواندين nitroguanidine؛ مثل 1-(m)-methoxybenzy1-3-nitroguandine (الذى يأخذ الرمز الكودى AC243, 654)؛ بتركيز ١٪-٢٪ من المادة الفعالة. تؤدى المعاملة إلى زيادة عدد البراعم النابتة، وزيادة المحصول (Pavlista ١٩٩٤).

٩- المعاملة بمركب بروموإيثان Bromoethane؛ الذى يُعد أكثر كفاءة فى سرعة التخلص من حالة السكون من كلٍ من: حامض الجبريلليك، والكينتين (Kocacaliskan ١٩٩٠).

وعلى الرغم من أن إنتاج الدرنات الصغيرة minitubers فى الصوبات حسَّن كثيرًا من إنتاج التقاوى الخالية من الأمراض، فإن سكون تلك الدرنات يمكن أن يتسبب فى

مشاكل عند الرغبة فى زراعتها دونما تأخير. وقد وُجد فى الأصناف ذات فترات السكون الطويلة أن ٨٨٪–٩٣٪ من درناتها الصغيرة التى عُومِلت بكل من الإيثيلين + حامض الجبريلليك كونت نموات sprouts فى خلال خمسة أسابيع، بينما لم تُنتج درنات معاملة الكنترول أى نموات. أما الأصناف ذات فترات السكون المتوسطة فإن ١٠٠٪ من درناتها الصغيرة التى عُوملت بكل من الإثيلين + حامض الجبريلليك أنتجت نموات خلال خمسة أسابيع، مقارنة بـ ٣٧٪–٥٥٪ إنبات فى الدرنات الصغيرة لمعاملة الكنترول. وعندما زُرعت الدرنات الصغيرة التى عُوملت بالإثيلين + حامض الجبريلليك فى الحقل، فإن النباتات التى نمت منها كانت أطول بمقدار ١٩–٣٦ سم، وأنتجت درنات تقاوى seed tubers أكثر بمقدار ٣,٩–٨,٨ درنة/نبات (Kulen وآخرون ٢٠١١).

تنبيت البراعم أو التخضير

تُجرى عملية تنبيت البراعم Sprouting أو التخضير للدرنات المعدة للزراعة (شكل ٥–٢)؛ سواء أكانت التقاوى مستوردة، أم منتجة محليًّا، وسواء أكانت التقاوى المنتجة قد خُزِّنت فى ثلاجات، أم فى نوالات.



شكل (٥–٢): تنبيت البراعم أو تخضير درنات التقاوى.

فيجب الإسراع فى تخضير التقاوى المستوردة فور وصولها إلى مناطق الزراعة؛ لأن تركها يؤدى إلى تنبيت البراعم بصورة غير مرغوبة؛ فتكون طويلةً جدًّا، ورفيعة، وبيضاء. وهذا الإنبات لا فائدة منه، ويعد فاقدًا فى عدد السيقان التى يمكن الحصول عليها من قطعة التقاوى؛ ولذا تجرى عملية التخضير بتفريغ الأجولة فور تسلُّمها على أرضية نظيفة جافة فى طبقتين أو ثلاث طبقات، مع فرز الدرنات واستبعاد التالف منها، وتترك فى مكان مظلل يصل إليه ضوء الشمس غير المباشر؛ وذلك بعمل "تعريشة" خاصة لهذا الغرض. وتترك الدرنات على هذا الوضع حتى تبدأ البراعم فى الإنبات، ويستغرق ذلك — عادة — حوالى أسبوعين.

وقد يتم تنبيت البراعم بتركها فى صناديق خشبية تتكون جوانبها من "سدابات" بعرض ٥ سم، وتبعد عن بعضها بمسافة ١-١,٥ سم؛ لكى تسمح بالتهوية ووصول الضوء إلى البراعم النابتة.

أما التقاوى المنتجة محليًّا، فإن تداولها يتوقف على الطريقة التى اتبعت فى تخزينها. فإذا كان تخزينها فى الثلاجات، فإنه يلزم إخراجها منها قبل موعد زراعتها بأسبوعين — حسب موعد الزراعة — ليتسنى تنبيتها أولاً، وتؤدى زراعة التقاوى بعد إخراجها من الثلاجات مباشرة إلى فشل كثير من الدرنات فى الإنبات، وعدم انتظام نمو النباتات فى الحقل، وتأخر النضج. ويجب تجنُّب البدء فى فرز الدرنات قبل أن تكتسب درجة حرارة الجو السائد.

ويراعى بالنسبة للتقاوى التى خزنت فى نوالات عدم تركها فى أكوام، وإنما تجرى لها عملية التنبيت الأخضر، وهى مفروشة على سطح جاف يدخله ضوء الشمس غير المباشر؛ وذلك قبل موعد زراعتها بنحو أسبوعين. وتتميز هذه التقاوى بأنها تُعطى عددًا من البراعم القصيرة القوية على الدرنة الواحدة بعد تنبيتها؛ مما يؤدى إلى تحسين نسبة الإنبات وسرعته، وزيادة عدد السيقان. ويجب دائمًا فرز الدرنات قبل الزراعة واستبعاد غير النابتة منها.

ومن الأمور التى تجب ملاحظتها عن إجراء عملية تنبيت البراعم – بصورة عامة – ما يلى:

١– أنسب حرارة لنمو النبت هى ٣٠°م، إلا أن تخزين الدرنات فى حرارة ٢٠°م لبضعة أسابيع، ثم خفض حرارة التخزين إلى ١٠°م يعمل على تكوين نبت قوى وسميك تنمو عليه جذور عرضية بأعداد كبيرة عند الزراعة.

٢– يؤدى تعريض الدرنات لضوء الشمس غير المباشر إلى جعل النبت المتكون قصيرًا، وسميكًا، وقويًّا، وهذا هو النوع المرغوب فيه. أما النبت الذى يتكون فى الظلام، فإنه يكون طويلاً، ورفيعًا، وأبيض اللون، وينكسر بسهولة عند الزراعة.

٣– يجب ألاّ يزيد طول النبت على ١٢ مم، خشية أن ينقطع بسهولة عند الزراعة، خاصة فى حالة الزراعة الآلية.

٤– إذا أجريت علية التخضير قبل ضعف حالة السيادة القمية أو قبل انتهائها، فإنه لا يتكون سوى عدد قليل من النموات بكل قطعة تقاو، وتعطى هذه التقاوى عند زراعتها عددًا قليلاً من السيقان، وعددًا قليلاً من الدرنات فى كل جورة. وعلى الرغم من أن الدرنات المتكونة تكون كبيرة الحجم، إلا أن المحصول يكون أقل مما لو كانت السيادة القمية قد انتهت قبل الزراعة.

٥– تؤدى إزالة النموات المتكونة قبل الزراعة إلى تكوّن عدد أكبر من السيقان بعد الزراعة، وتكوِّن عدد أكبر من الدرنات بكل جورة، إلا أن ذلك يكون مصحوبًا بتأخير فى الإنبات، مع صغر فى حجم الدرنات المتكونة، وقد يقل المحصول نتيجة لذلك (Smith ١٩٦٨، ومرسى ونورالدين ١٩٧٠).

ومن أهم مزايا عملية تنبيت البراعم فى التقاوى ما يلى:

١– التبكير فى الإنبات، ويتبع ذلك التبكير فى الحصاد.

٢– المساعدة على تكوين مجموع جذرى قوى، وزيادة نسبة الجذور إلى المجموع الخضرى.

٣- العمل على التخلص من الدرنات غير القادرة على الإنبات، وهى التى تعطى جورًا غائبة فيما لو زرعت، ويساعد التخلص منها على تجانس الإنبات، وزيادة نسبته فى الحقل.

٤- يؤدى كل ذلك إلى زيادة المحصول.

ولدى استعراض نتائج ١٤٦٥ دراسة قورن فيها المحصول عند إجراء أو عدم إجراء عملية التخضير للتقاوى، وجد أن متوسط محصول الإيكر (فدان تقريبًا) كان اثنى عشر طنًا فى حالة التخضير، مقابل عشرة أطنان فى حالة الزراعة مباشرة بدون تخضير (Burton ١٩٤٨).

ولقد أنتجت تقاوى درنات البطاطس الكاملة التى بقطر ٥٥-٦٥ مم أكبر عدد من النموات بأكبر طول وأعلى وزن، كما أعطت معاملة التقاوى بالجبريللين بتركيز ٥ مجم/لتر أكبر عدد من النموات، وذلك مقارنة بما أنتجته الدرنات الأقل قطرًا (٣٥-٤٥، و٤٥-٥٥ مم) أو المعاملة بتركيز أقل من حامض الجبرلليك (٢,٥ مجم/لتر)، أو المعاملة بالكلورمكوات، أو باستخدام درنات مجزأة (Otroshy & Struik ٢٠٠٨).

كمية التقاوى

تتوقف كمية التقاوى اللازمة للزراعة على عوامل كثيرة؛ منها حجم قطعة التقاوى المستعملة، وعدد العيون بها، وكثافة الزراعة. وتبلغ كمية التقاوى التى تستخدم فى مصر حوالى ٧٠٠-٩٠٠ كجم للفدان فى العروة الصيفية (يكفى الحد الأدنى عند استعمال التقاوى المستوردة، بينما يلزم الحد الأعلى عند استعمال التقاوى المنتجة محليًّا)، ونحو ١,٥-٢ طن فى العروة الخريفية. ويرجع سبب زيادة كمية التقاوى المستعملة فى الحالة الأخيرة إلى استخدام الدرنات كاملة دون تجزئتها؛ لأن الزراعة تكون أثناء ارتفاع درجة الحرارة فى أغسطس، وسبتمبر، وأكتوبر، ويؤدى تقطيع التقاوى إلى تعفنها فى التربة.

أما العروة الشتوية (المحيرة)، فإن كمية التقاوى التى تلزم لها تتوقف على موعد الزراعة ودرجة الحرارة السائدة آنذاك؛ ففى الزراعات المبكرة (منتصف أكتوبر إلى

منتصف نوفمبر) تستعمل غالبًا الدرنات الكاملة بمعدل ١,٥–٢ طن للفدان كما فى العروة الخريفية، بينما يمكن فى الزراعات المتأخرة (منتصف نوفمبر إلى منتصف ديسمبر) تقطيع الدرنات الكبيرة التى سبق تخزينها فى الثلاجات؛ وبذا.. يمكن أن تنخفض كمية التقاوى اللازمة إلى نحو ١–١,٢٥ طن للفدان.

وتتوقف كمية التقاوى التى تلزم للزراعة على كل من مسافة الزراعة بين الخطوط وبين الجور، وعلى وزن قطعة التقاوى، كما يتبين من جدول (٥–١).

جدول (٥–١): كمية التقاوى التى تلزم لزراعة الفدان بالطن عند اختلاف مسافات الزراعة ووزن قطعة التقاوى[أ].

المسافة بين الجور (سم)	خطوط الزراعة بعرض ٨٥ سم			خطوط الزراعة بعرض ٩٠ سم		
	وزن قطعة التقاوى (جم)					
	٤٢,٥	٥٠	٥٧	٤٢,٥	٥٠	٥٧
٢٠	٢,٥	٢,٨	٣,٢	٢,٢	٢,٧	٣,٠
٢٥	١,٩	٢,٢	٢,٨	١,٨	٢,١	٢,٥
٣٠	١,٧	١,٩	٢,١	١,٦	١,٨	٢,٠
٣٧,٥	١,٢	١,٦	١,٨	١,٢	١,٥	١,٦

أ– لحساب كمية التقاوى بالطن للهكتار تُضرب الكمية للفدان × ٢,٣٨.

معاملات ما قبل تقطيع درنات التقاوى

تُجرى هذه المعاملات على التقاوى التى يتقرر تقطيعها، حيث تُدفأ، ثم تُقطع، ثم تُبرد ثانيًّا.

بداية .. لا تقطع سوى الدرنات الصغيرة والمتوسطة العمر؛ نظرًا لأن عملية التقطيع ذاتها تزيد من العمر الفسيولوجى للدرنات.

تقطع الدرنات الصغيرة العمر قبل زراعتها بمدة قد تصل إلى الشهر، أما إذا كانت الدرنات قد بدأت فى التبرعم فإن تقطيعها لا يجب أن يسبق زراعتها بمدة تزيد عن أسبوعين، وأما الدرنات المتوسطة العمر فإنها يمكن أن تقطع قبل الزراعة بمدة لا تزيد

عن أسبوعين إن لم تكن قد بدأت فى التبرعم. ولا يجب أبدًا تقطيع الدرنات الكبيرة العمر، أو أن تقطع قبل الزراعة بمدة لا تزيد عن أيام قليلة. وتؤدى مخالفة تلك الشروط إلى جعل التقاوى المتوسطة العمر كبيرة العمر، وجعل الكبيرة العمر "Potato No Top".

وكلما كانت التقاوى أصغر عمرًا كلما ازدادت الحرارة التى تدفأ عليها الدرنات قبل التقطيع وتلك التى تحفظ عليها بعد التقطيع؛ فالدرنات الصغيرة العمر تجرى معاملاتها على ١٠°م، والمتوسطة العمر على ٧°م (جدول (٥-٢).

جدول (٥-٢): درجات الحرارة التى تسبق التقطيع والمدة اللازمة للتقاوى من مختلف الأعمار والتبرعم (Johnson ٢٠٠٦).

عمر التقاوى	لم تُزال نمواتها		أُزيلت نمواتها	
	المدة	الحرارة (°م)	المدة	الحرارة (°م)
صغيرة	١-٢ شهر	١٠°م	أسبوعين	٧°م
متوسطة العمر	١-٢ أسبوع	٧-١٠°م	–	–
كبيرة	–	–	–	–

تجزئة التقاوى

تجزأ بعض الدرنات المستخدمة كتقاو فى العروة الصيفية بغرض خفض تكاليف الزراعة؛ لأن هذه التقاوى تكون مستوردة من الخارج، ومرتفعة الثمن. ومما يساعد على نجاح زراعتها بعد تجزئتها أنها تزرع فى وقت تنخفض فيه درجة الحرارة؛ فلا تتعفن. وبمعنى آخر.. فإنه يشترط لإجراء هذه العملية توفر شرطين؛ هما: أن يكون إجراؤها ضرورة اقتصادية، وأن تكون درجة حرارة التربة منخفضة عند الزراعة، كما لا يجب إجراؤها عند الزراعة بالطريقة العفير.

وعند إجراء عملية التقطيع تجب مراعاة الأمور التالية:

١- يجب عدم تقطيع الدرنات التى يقل قطرها عن ٦ سم، أو المتقدمة فى السن فسيولوجيًّا.

٢- تقطع الدرنات الأكبر من ذلك طوليًّا إلى نصفين، أو إلى ٣ أو ٤ أو ٦ أجزاء.

ويتوقف ذلك على حجم الدرنة، مع مراعاة عدم المغالاة فى التقطيع. وعندما يكون التقطيع إلى ثلاثة أجزاء، نجد أن الجزء القاعدى للدرنة يقطع مستقلاً، ثم يقسم الجزء الطرفى طوليًّا إلى جزأين متساويين؛ حتى تتوزع الأعين الطرفية عليهما.

٣- يجب أن تكون القطع مكعبةً قدر الإمكان؛ حتى لا تجف بسرعة، ولكى تكون نسبة الأسطح المقطوعة إلى وزن قطعة التقاوى أقل ما يمكن، كما يجب أن تكون القطع متجانسة فى الشكل والحجم قدر الإمكان، خاصة عند زراعتها آليًّا.

٤- يجب أن تحتوى كل قطعة على عين واحدة سليمة على الأقل. ويفضل أن تحتوى على ٢-٣ عيون، وألا يقل وزنها عن ٥٠ جم.

٥- يجب تطهير آلة تقطيع التقاوى على النار، أو بالغمس فى الكحول أو فى محول من فوسفات الصوديوم بتركيز ٥٪، وذلك عقب استخدامها فى تقطيع درنة مصابة داخليًّا.

٦- يجب نقل الدرنات المخزنة فى مخازن باردة لحرارة ١٨ ْم لمدة أسبوعين قبل تجزئتها. ويفيد ذلك الإجراء فى سرعة التئام الأسطح المقطوعة، وسرعة إنباتها بعد الزراعة.

٧- يجب أن تجرى عملية التقطيع قبل الزراعة بمدة يوم إلى يومين، مع عدم تعريض القطع المجزأة لضوء الشمس المباشر، أو لتيارات الهواء الشديدة لحين زراعتها.

ومما تجدر الإشارة إليه أن معظم أصناف البطاطس لا تُظهر اختلافات بين أجزاء الدرنة الواحدة، ما دام قد وُجِدَ برعمان أو ثلاثة براعم بحالة جيدة فى كل قطعة، إلا أن بعض الأصناف (مثل: كنيبك Kennebec، وسيباجو Sebago) تكون براعمها القاعدية أضعف نموًا بصورة معنوية من البراعم القمية فى الدرنة الواحدة، وربما لا تنبت بعض القطع القاعدية عند زراعتها، كذلك فإن براعم جميع القطع تنبت فى آن واحدٍ إذا قطعت التقاوى قبل تنبيتها، أو بعد انتهاء ظاهرة السيادة القمية منها. أما إذا قطعت الدرنات بعد بدء إنبات البرعم القمى فقط — أى كانت نابتة وبها سيادة قمية — فإن القطع الطرفية تنبت قبل غيرها. وتعطى غالبًا محصولاً أكبر من باقى القطع.

هذا.. وبينما يمكن إجراء التقطيع آليًّا إلى جزأين أو أربعة أجزاء لكل درنة بسرعة كبيرة، فإن التقطيع اليدوى — الأبطأ والأكثر تكلفة — تقل معه فرصة تقطيع أجزاء من التقاوى تكون خالية من العيون blind.

ويراعى عند التقطع ما يلى:

١- تُستبعد الدرنات التى يقل وزنها عن ٤٠ جم.

٢- لا تقطع الدرنات التى يتراوح وزنها بين ٤٠ و٨٥ جم.

٣- تقطع الدرنات التى يتراوح وزنها بين ٨٥، و ١٤٠ جم إلى جزأين لكل منها.

٤- تقطع الدرنات التى يتراوح وزنها بين ١٤٠ جم، و٢٠٠ جم إلى ثلاثة أجزاء لكل منها.

هذا.. ويجب تطهير أجهزة تقطيع الدرنات قبل كل دورة تقطيع، وبين لوطات التقاوى.

وبعد التقطيع.. تُستبعد كل القطع التى تكون بدون عيون blind، والصغيرة الحجم جدًّا under sized، والرقيقة slab، والمنسحبة المدببة silver، والتى تمزقت بفعل شفرات التقطيع غير الحادة ripped (Johnson ٢٠٠٦).

معالجة التقاوى المجزأة

تجب إجراء عملية المعالجة Curing للتقاوى المجزأة؛ بغرض تشجيع عملية ترسيب السيوبرين Suberization، وتكوين بيريدرم الجروح Wound Periderm على الأسطح المقطوعة؛ وبذا يمكن حمايتها من الجفاف والعفن بعد الزراعة. ومن الطبيعى أن يؤدى تعفُن قطعة التقاوى قبل الإنبات إلى زيادة نسبة الجور الغائبة. أما تعفنها بعد الإنبات، فإنه يؤدى إلى نقص المحصول بدرجة تتوقف على وقت تعفن قطعة التقاوى؛ لأن النبت يعتمد فى نموه على قطعة التقاوى حتى بدء وضع الدرنات. كما أن بقاء قطعة التقاوى سليمة بعد الإنبات يفيد فى تجديد النمو فى حالة تعرض النموات الحديثة لأضرار الصقيع.

تجرى عملية المعالجة بحفظ الدرنات المجزأة فى حرارة ١٥–١٨ ْم مع رطوبة نسبية ٨٥٪ – ٩٠٪ لمدة ٤–٦ أيام. وإذا تطلب الأمر تأخير الزراعة بعد إجراء عملية العلاج، فإنه يجب تخزين التقاوى المجزأة والمعالجة فى حرارة ٥ ْم لحين زراعتها (Ware & McCollum ١٩٨٥). وتجرى معالجة التقاوى المجزأة فى مصر بتركها فى مكان بارد رطب لمدة تتراوح بين يوم واحد وأربعة أيام قبل زراعتها.

ويذكر Johnson (٢٠٠٦) أن التقاوى المجزأة تعالج بتبريدها إلى ٣–٤ ْم مع تخزينها فى كومات لا يزيد ارتفاعها عن ١٨٠ سم، ومع توفير تهوية جيدة لضمان تجانس التبريد وعدم تراكم ثانى أكسيد الكربون الذى يعيق التئام الجروح. يجب أن تتراوح الرطوبة النسبية بين ٨٥٪، و٩٥٪ لتحفيز التئام الجروح ومنع الفقد الرطوبى. وتكفى مدة ٦–١٠ أيام لاكتمال عملية المعالجة.

وبعد المعالجة.. تدفأ التقاوى لمدة يومين قبل زراعتها.

معاملة التقاوى بالمبيدات

تفيد معاملة التقاوى بالمطهرات الفطرية والبكتيرية فى منع إصابتها بالعفن بعد الزراعة. والعفن قد يكون بتكيريًّا، وتسببه البكتيريا *Erwinia carotovora* غالبًا، أو فطريًّا، وتسببه مجموعة من الفطريات، كما تفيد المعاملة بالمطهرات الفطرية فى الوقاية من الإصابة بعدد من الأمراض الفطرية.

عندما تكون التقاوى معالجة جيدًا ومعاملة بالمبيدات، فإنها توفر حماية للحصول على أحسن إنبات وبقاء للنباتات (stand). يجب استخدام المبيد المناسب للمشاكل المرضية الأكثر خطورة. كما تجب عدم زيادة المعاملة عما يجب فلا يحدث تراكم للمبيد فى العيون حتى لا يتأثر تبرعمها، مع مراعاة تغطية التقاوى بشكل كامل حتى لا تقل جدواها. وتعتبر المبيدات المسحوقية هى الأنسب للتقاوى المجزأة. وتجدر الإشارة إلى أن بعض المبيدات التى تُستخدم فى معاملة التقاوى تُفيد فى سرعة التئام أسطح الدرنات المجزأة.

ومن أهم المبيدات المستخدمة فى معاملة التقاوى لمكافحة الأمراض ما يلى:

المبيد	المادة الفعالة
١- Cruiser Maxx Potato	Fludioxonil
٢- Evolve	Thiophanate–methyl
٣- Maxim 45S	Fludioxonil
٤- Maxim MZ	Fludioxonil
٥- MonCoat MZ	Flutolanil
٦- MonCut 70 DF	Thiophanate-methyl
٧- Tops MZ	Thiophanate-methyl
٨- Tops MZ Gaucho	Imidacloprid

وتفيد تلك المبيدات فى المكافحة الممتازة لمختلف المسببات المرضية، كما يلى:

المــرض	المبيدات التى تُعطى مكافحة	
	ممتازة	جيدة
رايزكتونيا الساق والمدادات الأرضية	جميع المبيدات	–
رايزكتونيا الدرنات المتكونة	١، ٣، ٤، ٥، ٦	–
الفيوزاريم	جميع المبيدات	–
القشف الفضى بالدرنات المتكونة	١، ٣، ٤، ٥	٢، ٧، ٨
الجرب المحمول على التقاوى	٢، ٤، ٥، ٧، ٨	–
الندوة المتأخرة المحمولة على التقاوى	٢	٤، ٥، ٧، ٨

ومن المبيدات الفطرية الأخرى التى تُستخدم فى معاملة التقاوى ما يلى:

١- الكابتان، والفيتافاكس كابتان، والمانيب، والزينب: تعفر الدرنات بمسحوق المبيد، أو تغمر فى محلول منها.

٢- السِمسان بل: يستعمل بغمر الدرنات فى محلول من المبيدات. تفيد هذه المعاملة فى مكافحة الجرب.

٣- الثيابندازول مسحوق ٥٪ بمعدل ١,٢٥ كجم لكل طن من الدرنات.

٤- النابام: يستعمل بغمر الدرنات الكاملة فى محلول منه بتركيز ٠,٤٪.

٥- المانكوزب Mancozeb، والبينوميل Benomyl، والكاربندازيم Carbendazim، والكابتافول Captafol بتركيز ٠,٢٪ (Patel & Patel ١٩٩٢).

وتفيد المعاملة بالمطهرات الفطرية فى وقاية النباتات من الإصابة ببعض فطريات التربة؛ مثل: الجرب، والرايزكتونيا، وذبول فيرتسيليم.

ومن المبيدات البكترية التى تستخدم فى معاملة التقاوى ما يلى:

١- كبريتات الاستربتومايسين streptomycin sulphate: تفيد هذه المعاملة فى منع الإصابة بكل من العفن الطرى soft rot والجذع الأسود black leg. تنقع الدرنات فى محلول مائى من المبيد بتركيز ٢٥-٥٠ جزءًا فى المليون لمدة ٣٠ دقيقة. ويعتبر التركيز المرتفع ضروريًّا لمكافحة مرض الجذع الأسود. ويمكن خلط الإستربتومايسين مع المبيدات الفطرية.

٢- مخلوط من كبريتات الإستربتومايسين مع التيراميسين هيدروكلورايد terramycin hydrochloride: تغمر الدرنات فى محلول يحتوى على أجزاء متساوية منهما بتركيز ٢٥ جزءًا فى المليون لمدة ١٠-٣٠ دقيقة.

٣- يجب تغيير المحاليل المستعملة فى معاملة التقاوى عندما يُفقد نحو ثلثى المحلول نتيجة لغمر التقاوى فيه، ثم انتشالها وهى مبتلة، كما يجب تجفيف الدرنات الكاملة المعاملة بأسرع ما يمكن، أو زراعتها مباشرة. أما الدرنات المجزأة المعاملة، فإنها تزرع فى الحال (Ewing وآخرون ١٩٦٧).

٤- حصل Shashirekha & Narasimham (١٩٨٩) على مكافحة جيدة للبكتيريا المسببة لمرض العفن الطرى بغمر الدرنات المجزأة فى محلول السليمانى (كلوريد الزئبقيك) بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون.

٥- هيبوكلوريت الصوديوم Sodium hypchlorite: تغمر الدرنات لمدة ١٠ دقائق

فى محلول من المركب بتركيز ٠,١٪، ويُحصل على هذا التركيز بتخفيف محلول الكلوراكس Chlorox التجارى – الذى يحتوى على ٥,٢٥٪ هيبوكلوريت الصوديوم – بنسبة ١ كلوركس: ٥٠ ماء.

٦– كبريتات النحاس: تغمر الدرنات لمدة ٣٠–٦٠ دقيقة فى محلول بتركيز ١,٢٥٪ (عن Univ. Calif. ١٩٨٦).

المواصفات التى تجب مراعاتها عند اختيار التقاوى المناسبة للزراعة

توجد علاقة طردية مباشرة بين عدد السيقان التى تنمو من قطعة التقاوى وعدد الدرنات التى تتكون بكل جورة، كما توجد علاقة عكسية مباشرة بين عدد السيقان وحجم الدرنات المتكونة فى كل جورة.

يتأثر عدد السيقان – أو عدد النموات – التى تعطيها قطعة التقاوى بالعوامل التالية:

١– الصنف: تختلف الأصناف فى عدد العيون التى توجد فى الدرنة، وفى عدد البراعم التى توجد فى كل عين.

٢– حجم قطعة التقاوى: يزداد عدد السيقان المتكونة بزيادة حجم قطعة التقاوى؛ نظرًا لزيادة عدد العيون التى توجد فى قطع التقاوى الكبيرة.

٣– درجة حرارة التخزين: كلما انخفضت حرارة التخزين، كان من الممكن تخزين التقاوى لفترة أطول. وإذا استمر التخزين لفترة طويلة، فإن السيادة القمية تضعف أو تنتهى؛ وبذا تنبت جميع البراعم التى توجد على قطعة التقاوى؛ ويزيد عدد السيقان المتكونة منها.

٤– العمر الفسيولوجى: تعرف المدة من الحصاد إلى الزراعة بالعمر الفسيولوجى، وكلما طالت هذه المدة – بالتخزين فى حرارة منخفضة – ضعفت السيادة القمية؛ وزاد بالتالى عدد السيقان المتكونة من قطعة التقاوى (مرسى ونور الدين ١٩٧٠).

٥- المعاملات الكيميائية التى تؤدى إلى التخلص من السيادة القمية؛ مثل المعاملة بالثيوريا، أو بحامض الجبريلليك.

على ضوء ما سبق بيانه نجد أن اختيار التقاوى المناسبة للزراعة يتوقف على عدة عوامل يمكن بيانها فيما يلى:

١- عند زراعة أصناف مبكرة يلزم تشجيع النمو الخضرى القوى، ويكون ذلك باستخدام درنات كبيرةٍ كتقاوٍ؛ لتشجيع نمو البراعم النامية بإمدادها بالغذاء المخزن، كما يلزم تشجيع تكوين عدد كبير من السيقان بزراعة تقاوٍ ذات عمرٍ فسيولوجىٍ متقدمٍ، وضعفت أو انتهت فيها حالة السيادة القمية.

٢- تراعى نفس النقاط المذكورة فى البند السابق عند زراعة أصناف ذات نموٍ خضرىٍ ضعيف بطبيعتها.

٣- عندما يراد إنتاج درنات صغيرة الحجم تفضل إزالة البرعم الأول، ثم السماح للتقاوى بالتنبيت من جديد لتنتج عددًا أكبر من السيقان، كما يفضل استخدام تقاوٍ كبيرة الحجم ذات عمرٍ فسيولوجىٍّ متقدم. ويمكن تحقيق نفس الهدف بمعاملة التقاوى بالنقع فى حامض الجبريلليك بتركيز ٢-١٠ أجزاء فى المليون لمدة دقيقتين قبل الزراعة. وقد أدت هذه المعاملة إلى زيادة عدد السيقان وعدد الدرنات المتكونة فى كل جورة مع صغر الدرنات فى الحجم، دون أن يتأثر المحصول الكلى.

ويكون من الضرورى إنتاج درنات صغيرة نسبيًّا (دون التأثير على المحصول الكلى) فى حالتين هما: عند إنتاج التقاوى، وعند الرغبة فى إنتاج درنات صغيرة للاستهلاك من الأصناف ذات الدرنات الكبيرة جدًّا.

٤- عندما يُراد إنتاج درنات كبيرة الحجم يفضل استعمال درنات صغيرة الحجم كتقاوٍ، وزراعتها قبل أن تضعف فيها حالة السيادة القمية؛ حى لا ينبت منها سوى عدد قليل من البراعم. ويعد ذلك الإجراء أفضل من زيادة مسافة الزراعة (Toosey ١٩٦٣).

ولمزيد من التفاصيل عن كيفية التحكم فى حجم الدرنات المنتجة، والعوامل المؤثرة فى ذلك — من حيث الكثافة النباتية، وعدد السيقان/نبات، وعدد الدرنات المتكونة/ساق، والمحصول، يراجع Struck وآخرين (١٩٩٠).

الزراعة

إعداد الأرض للزراعة

تحرث الأرض عندما تكون التربة مستحرثة (أى عندما يكون بها نحو ٥٠٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية)، حتى ولو أدى الانتظار إلى تأخير الزراعة؛ لأن حرث الأرض وهى تحتوى على نسبة مرتفعة من الرطوبة يؤدى إلى انضغاط التربة؛ ولذلك تأثيرات سيئة على محصول البطاطس. وتحرث الأرض لعمق ٣٠–٣٥ سم، ويجرى الحرث مرتين فى اتجاهين متعامدين، ويراعى فيهما قلب المخلفات النباتية جيدًا فى التربة. ويلى ذلك ترك الحقل معرضًا للشمس لمدة يومين أو ثلاثة أيام، ثم يزحف، ثم يخطط حسب مسافة الزراعة المرغوبة.

ويتم أثناء إعداد الأرض للزراعة إضافة الأسمدة العضوية والكيميائية السابقة للزراعة، إما نثرًا على سطح التربة، وإما فى باطن خطوط الزراعة — حسب نظام الرى المتبع — وذلك كما سيأتى بيانه تحت موضوع التسميد فى الفصل السادس.

وتجدر الإشارة إلى أن جذور البطاطس ضعيفة، ولا يمكنها اختراق طبقات تحت التربة الصلدة hard pans، فإذا وجدت هذه الطبقات عند عمق سلاح المحراث وهو ٣٠ سم، فإن نمو المجموع الجذرى يكون محصورًا فى تلك المسافة. وفضلاً على أن ذلك الوضع يشكل عائقًا أمام النمو النباتى ووضع الدرنات، فإن النباتات يمكن أن تتعرض للذبول فى الأيام الحارة؛ ذلك لأن النباتات قد تحتاج إلى قدرٍ من الرطوبة يزيد عما يمكن أن تحتفظ به التربة من رطوبة فى الثلاثين سنتيمترًا العلوية منها. ولا يفيد رى التربة يوميًّا فى منع ظهور هذه الحالة، التى لا علاج لها إلاّ بحراثة التربة حرثًا عميقًا حتى عمق ٥٠ سم؛ للتخلص من الطبقات الصماء تحت سطح التربة، ويمكن للجذور أن تنمو عميقًا فى التربة.

ولقد أدت الحراثة العميقة لتحت التربة subsoiling فى تربة منضغطة compacted إلى زيادة قدرت بنحو ١٠٪ فى كل من النمو الخضرى والمحصول وامتصاص الفوسفور (Westermann & Sojka ١٩٩٦).

كذلك يتعين غسيل التربة جيدًا بالماء؛ للتخلص من الأملاح التى قد تتواجد فيها؛ فلا يجب أن تزيد درجة التوصيل الكهربائى لمستخلص التربة المشبع على ٣,٠ مللى موز/سم.

وبافتراض أن الرى بالرش (وهو النظام الشائع لرى البطاطس فى الأراضى الصحراوية؛ سواء أكان ذلك بالرشاشات الدوارة، أم بالرى المحورى) وأن التربة سلتية، ملحية، تكثر فيها الطبقات الصماء على عمق ٣٠ سم، وأن الزراعة تتم آليًّا، فإن إعداد الحقل للزراعة يتطلب إجراء العمليات التالية:

١- رى الحقل قبل الزراعة إلى السعة الحقلية بنحو ٥٠ مم من الماء (٢١٠ م^3/فدان، أو نحو ٥٠٠ م^3 للهكتار) — تزيد عليها قليلاً فى الأرض الثقيلة، وتقل قليلاً فى الأرض الرملية الخفيفة — وذلك لتسهيل حراثة التربة.

٢- بعد أن تجف التربة إلى نحو ٥٠٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية (أى عندما تصبح مستحرثة)، يتم تقطيع الطبقات الصماء تحت التربة (وهى العملية التى تعرف باسم ripping)، باستعمال محاريث يصل عمق سلاحها إلى ٥٠ سم، ويفضل إجراء هذه العملية مرتين فى اتجاهين متعامدين، على أن تكون المرة الثانية عمودية على اتجاه الحراثة المتوقع بعد ذلك.

٣- غسيل الأملاح من الطبقة السطحية من التربة بإضافة نحو ١٠٠ مم من ماء الرى (٤٢٠م^3/فدان، أو نحو ١٠٠٠ م^3 للهكتار).

٤- إضافة كمية قليلة من النيتروجين (حوالى ٢٥ كجم/للفدان، أو نحو ٦٠ كجم للهكتار)، وكل الكمية التى تحتاج إليها النباتات من الفوسفور (حوالى ٦٢,٥ كجم P_2O_5 للفدان، أو نحو ١٥٠ كجم للهكتار) نثرًا.

٥- تنعيم مهد الزراعة إلى عمق ١٥-٢٠ سم باستعمال المحاريث.

٦- بل التربة بنحو ١٠ مم من الماء (٤٢ م٣ للفدان، أو نحو ١٠٠ م٣ للهكتار)؛ لتسهيل الزراعة التى تجرى آليًّا بعد ذلك (عن Van Der Zaag ١٩٩١).

التخطيط ومسافة الزراعة

تتوقف المسافة بين الخطوط وبين النباتات فى الخط على العوامل التالية:

١- حجم قطعة التقاوى: فتزيد مسافة الزراعة بزيادة حجم قطعة التقاوى (Pohjonen & Poatela ١٩٦٤)؛ لأن التقاوى الكبيرة الحجم تعطى سيقانًا أكثر (Wurr وآخرون ١٩٩٢).

٢- الصنف المستخدم، وقوة نموه الخضرى، وموعد نضجه: فتزيد مسافة الزراعة بزيادة قوة النمو، ومع التأخير فى النضج.

٣- جميع العوامل التى تؤثر على عدد السيقان التى تنمو من قطعة التقاوى؛ مثل: درجة حرارة التخزين، والعمر الفسيولوجى للتقاوى، وحجمها، وعدد العيون بها؛ فكلما ازداد عدد السيقان كان من الأفضل زيادة مسافة الزراعة.

٤- الغرض من الزراعة: فتفضل المسافات الضيقة عند الزراعة بغرض إنتاج البطاطس الجديدة التى تقلع وهى صغيرة قبل تمام نضجها.

٥- خصوبة التربة، ومدى توفر الرطوبة الأرضية: فتزيد مسافة الزراعة فى الأراضى الفقيرة، وعند نقص الرطوبة الأرضية.

٦- العامل الاقتصادى: فيكون من المفضل الزراعة على مسافات واسعة عند ارتفاع ثمن التقاوى. وعمومًا.. فالمسافات الضيقة تؤدى إلى زيادة المحصول الكلى، وعدد الدرنات التى ينتجها النبات الواحد، إلا أنها تكون صغيرة الحجم.

وقد وجد Rykbost & Maxwell (١٩٩٣) أن حجم الدرنات المنتجة يزداد فى معظم الأصناف — بانخفاض كثافة الزراعة (وذلك بزيادة مسافة الزراعة بين النباتات فى الخط من ١٧ سم إلى ٣٠ سم، علمًا بأن الخطوط كانت بعرض ٨١ سم). كما وجد

الباحثان أن مسافة الزراعة لم يكن لها سوى تأثيرات محدودة على الكثافة النوعية للدرنات ومعدلات إصابتها بحالة القلب الأجوف Hollow Heart.

كما قال Martin (١٩٩٢) بين الزراعة فى خطوط بعرض ٧٥ سم و ٩٠ سم، ولم يجد فروقًا معنوية بينهما؛ لا فى محصول الدرنات، ولا فى توزيعها حسب الحجم؛ الأمر الذى تفضل معه الزراعة على خطوط بعرض ٩٠ سم؛ للتوفير فى كمية التقاوى التى تلزم للزراعة، ولتسهيل عملية الزراعة الآلية.

وتجدر الإشارة إلى أن العامل المهم عند تحديد مسافة الزراعة هو كثافة النمو النباتى. ومن المتفق عليه أن الكثافة المثلى التى تلزم لإنتاج أعلى محصول من البطاطس تتراوح بين ١٠ و ١٥ ساقًا نباتية لكل متر مربع من الحقل. فإذا أعطت كل درنة تقاوى ثلاثة سيقان، فإنه تلزم أربع درنات لزراعتها فى كل متر مربع من الحقل.

وفى الأراضى الرملية يتراوح العرض المناسب لخطوط الزراعة بين ٧٥ و ٩٠ سم. وتعتبر مسافة ٩٠ سم بين الخطوط هى الأكثر شيوعًا، وخاصة عند ميكنة الزراعة، وفى ظل نظام الرى بالتنقيط. وللحصول على أربعة نباتات لكل متر مربع من الأرض تلزم — حينئذ — أن تتراوح المسافة بين النباتات فى الخط بين ٢٧ و ٢٨ سم.

ومن الطبيعى أن كمية التقاوى التى تلزم للزراعة تتوقف على جميع العوامل السابقة، بالإضافة إلى حجم قطعة التقاوى نفسها، فالتقاوى التى يتراوح قطرها بين ٣٥ و ٤٥ مم يبلغ متوسط وزن الدرنة الواحدة منها ٦٠ جم، وتعطى فى المتوسط ٣ سيقان/درنة؛ وبذا.. يلزم ٢,٤ طنًا منها للهكتار (طن واحد/ فدان)؛ للحصول على كثافة قدرها ١٢ سوقًا/ $م^٢$. أما التقاوى التى يتراوح قطرها بين ٤٥ مم و ٥٥ مم، فإن متوسط وزن الدرنة الواحدة منها يبلغ حوالى ٩٥ جم، وتعطى فى المتوسط أربع سيقان/ نبات بدلاً من ثلاث؛ الأمر الذى يتطلب زراعة ثلاث درنات فى كل متر مربع؛ أى تكون مسافة الزراعة بين النباتات فى الخط ٣٧ سنتيمترًا؛ وهو ما يستلزم زيادة كمية التقاوى إلى ٢,٩ طنًا للهكتار؛ أى حوالى ١,٢ طنًا للفدان.

وتزرع البطاطس فى أراضى الوادى والدلتا فى مصر على خطوط بعرض ٦٠–٧٠ سم (أى يكون التخطيط بمعدل ١٢ أو ١٠ خطوط فى القصبتين، على التوالى)، وعلى مسافة ٢٠–٢٥ سم بين الجور، ويتوقف ذلك على ثمن التقاوى؛ ففى العروة الصيفية التى تستورد تقاويها من الخارج، وتكون مرتفعة الثمن، يكون التخطيط على مسافة ٧٠ سم، والزراعة على مسافة ٢٥ سم بين الجور؛ بغرض تقليل كمية التقاوى اللازمة للزراعة. أما فى العروة الخريفية التى تستعمل فيها التقاوى المنتجة محليًّا، والتى تكون أقل ثمنًا، فإن التخطيط يكون فيها على مسافة ٦٠ سم، والزراعة على مسافة ٢٠ سم بين الجور فى الخط.

عمق الزراعة

يتوقف العمق المناسب للزراعة على كلٍ من: حجم قطعة التقاوى، ودرجة الحرارة السائدة، وطبيعة التربة. وطبيعى أن العمق يزداد بزيادة قطر درنة التقاوى ذاتها، ولكن يجب أن تُغطى درنة التقاوى بطبقة من التربة يتراوح سمكها بين ٥ سم، و٦ سم فى الجو البارد وفى الأراضى الثقيلة، وبين ١٠ سم، و١٢ سم فى الجو الحار وفى الأراضى الرملية. هذا.. وتؤدى الزراعة العميقة فى الجو البارد أو فى الأراضى الثقيلة إلى تأخير الإنبات، وإلى زيادة فرصة إصابة النباتات بفطر الرايزكتونيا. وفى المقابل.. تؤدى الزراعة السطحية فى الجو الحار إلى تعرض الدرنات لدرجات حرارة عالية غير مناسبة.

ومن عيوب الزراعة السطحية — بصورة عامة — أن الدرنات المتكونة تكون سطحيةً هى الأخرى، وربما لا تغطى جيدًا عند العزق؛ فتتعرض للضوء، وتزيد فيها نسبة الدرنات الخضراء غير الصالحة للتسويق. كما تزيد فرصة إصابة الدرنات بفراش درنات البطاطس، وقد تؤدى الأمطار الغزيرة إلى إزاحة التربة عنها فى الأراضى الخفيفة.

وقد وجد Alsadon وآخرون (١٩٩٣) أن الزراعة على عمق ٢٠ سم كانت أفضل من الزراعة على عمق ١٢ سم فى العروة الخريفية (بالرياض فى المملكة العربية السعودية)، بينما لم يتأثر المحصول بعمق الزراعة فى العروة الربيعية، كما لم تتأثر الصفات الفيزيائية للدرنات بعمق الزراعة فى أى من العروتين.

طرق الزراعة

أولا: فى الأراضى الثقيلة

تزرع البطاطس بالأراضى الثقيلة فى مصر بثلاث طرق كما يلى:

١- الزراعة الحراثى

تخطط الأرض بعد إعدادها بمعدل ١٠-١٢ خطًّا فى القصبتين (أى تكون الخطوط بعرض ٦٠ سم — ٧٠ سم)، ثم تمسح الخطوط ويروى الحقل. وبعد استحراث الأرض تحفر جور الزراعة على مسافة ٢٠ سم — ٢٥ سم من بعضها البعض عند حد الماء، ولعمق ١٠ سم بكشف الطبقة السطحية الجافة، ثم توضع فيها الدرنات، مع مراعاة جعل العيون لأعلى، ثم تغطى بالثرى الرطب، ثم بالتراب الجاف، ويضغط عليها. تترك الأرض دون رى لحين تمام الإنبات، ويستغرق ذلك عادةً من ٣-٤ أسابيع. وقد يروى الحقل قبل تمام الإنبات فى الجو الحار. وتتميز هذه الطريقة بانتظام الإنبات.

٢- الزراعة بالترديم

تعتبر طريقة الترديم هى الشائعة والمفضلة، وفيها تجهز الأرض، ثم تقسم إلى أحواض، مساحة كل منها تتراوح بين قيراط وقيراطين (١٧٥-٣٥٠ م^{٢})، ثم تروى الأرض ريًّا غزيرًا. وبعد استحراث الأرض تخطط وتوضع (تُلقّط) التقاوى خلف المحراث فى بطن الخط، مع تعديلها على الأبعاد المناسبة، بحيث تكون العيون لأعلى. وبعد الانتهاء من خمسة خطوط يشق الخط الأول بمحراث آخر للردم على التقاوى؛ وبذا يصبح مكان بطن الخط الأول قمة للخط الجديد. وبعد الانتهاء من زراعة الحقل تقطع الأرض إلى شرائح ومراوٍ، ثم تمسح الخطوط جيدًا بالفأس. ويكون التخطيط ومسافة الزراعة كما فى الزراعة الحراثى. تتبع هذه الطريقة فى المساحات الكبيرة لسهولتها، ولكن يعيبها فقدان نسبة من النباتات أثناء إقامة المراوى، وعدم انتظام الإنبات لتفاوت عمق الزراعة.

٣- الزراعة المسقاوى أو العفير

تُجَهَّز الأرض وتخطط، ثم توضع الدرنات فى جور على المسافات المرغوبة، وعلى عمق ١٥ سم، ثم تروى الأرض مباشرة بعد الزراعة. تتبع هذه الطريقة فى الأراضى الرملية. ولا

ينصح بها فى الأراضى الثقيلة، خاصة عند ارتفاع درجة الحرارة وقت الزراعة (كما فى الزراعات الخريفية)؛ لأنها تؤدى إلى تعفن التقاوى (استينو وآخرون ١٩٦٣).

ثانيًا: فى الأراضى الرملية

يمكن إنتاج البطاطس فى الأراضى الرملية تحت أى من نظم الرى الثلاثة: الغمر، أو الرش، أو التنقيط. وتتوقف طريقة الزراعة على نظام الرى المستخدم، كما يلى:

١– فى حالة الرى بالغمر

تقام خطوط بعرض ٧٠ – ٨٠ سم (من منتصف الخط إلى منتصف الخط التالى)، وتزرع الدرنات فى جور يتم عملها فى منتصف ميل الخطوط على مسافة ٢٠–٢٥ سم من بعضها، وعلى جانب "ريشة" الخط المواجه للشمس فى العروة الصيفية (التى تكون زراعتها أثناء انخفاض الحرارة فى شهر يناير)، وعلى جانب الخط غير المواجه للشمس فى العروة الخريفية التى تكون زراعتها أثناء ارتفاع الحرارة فى شهر أغسطس). هذا.. وتكون الزراعة فى تربة جافة، ثم يروى الحقل عقب الزراعة مباشرة.

٢– فى حالة الرى بالرش

تكون الزراعة فى خطوط تبعد عن بعضها بمسافة ٧٠–٨٠ سم، فى جور تبعد عن بعضها بمسافة ٢٠–٢٥ سم، علمًا بأن الأرض تكون مسطحة بعد الزراعة. وكما فى حالة الرى السطحى.. تتم الزراعة فى تربة جافة، ثم يروى الحقل بعد الزراعة مباشرة، ولكن لا بأس من أن تحتوى التربة على رطوبة منخفضة عند الزراعة.

٣– فى حالة الرى بالتنقيط

تكون خطوط التنقيط على مسافة ٨٠–٩٠ سم من بعضها، وتكون الزراعة فى جور تبعد عن بعضها بمسافة ٢٥ سم على أحد جوانب خط التنقيط، وتبعد عنه بمسافة ١٠ سم، على أن تكون النقاطات فى منتصف المسافة بين الجور. هذا.. ويجب تشغيل شبكة الرى عدة ساعات فى اليوم السابق للزراعة؛ وذلك لترطيب التربة، وللتأكد من عدم انسداد النقاطات.

مواعيد الزراعة

تزرع البطاطس فى مصر فى ثلاث عروات رئيسية، تمتد خلالها زراعة البطاطس من أوائل شهر سبتمبر إلى آخر شهر يناير كالتالى:

١- العروة الخريفية

تبدأ زراعتها من أوائل سبتمبر (وأحيانًا أوائل أغسطس فى المناطق الساحلية) حتى منتصف أكتوبر فى الدلتا، ومصر الوسطى. وتعطى محصولها فى أوائل ديسمبر حتى منتصف فبراير. وهى العروة الرئيسية للبطاطس فى مصر من حيث المساحة المزروعة. وتؤخذ تقاوى هذه العروة من محصول العروة الصيفية الذى ينضج فى شهر مايو. ويستعمل محصولها فى الاستهلاك المحلى، كما يصدر جزء منه (حوالى ١٥٪) فى نهاية الموسم إلى الدول العربية والأوروبية.

٢- العروة الشتوية (المحيرة) أو الصيفية المبكرة

تبدأ زراعتها من منتصف أكتوبر حتى أواخر نوفمبر، وتعطى محصولها من أواخر فبراير حتى آخر مارس. وتعتبر هذه هى عروة التصدير الرئيسية لكن مساحتها صغيرة نسبيًّا. وتنتشر زراعتها فى الدلتا والمناطق الساحلية، خاصة فى محافظات البحيرة، والغربية، والدقهلية. ويفضل أن تزرع فيها الأصناف المرغوبة فى الأسواق الأوروبية، والأكثر تحملاً للحرارة المنخفضة؛ مثل: كارا، وجراتا، وكنج إدوارد، ونيقولا، ودايمونت.

٣- العروة الصيفية

تبدأ زراعتها من منتصف شهر ديسمبر حتى آخر يناير، وقد تمتد أحيانًا حتى منتصف فبراير. وتعطى محصولها من منتصف أبريل حتى آخر مايو، وإلى أوائل يونيو فى الزراعات المتأخرة. تقلع بعض حقول الزراعات المبكرة جدًّا التى تزرع فى ديسمبر قبل تمام نضجها لإنتاج البطاطس الجديدة التى تصدر للمملكة المتحدة. ويعتبر الأسبوعان الثانى والثالث من شهر يناير هما أفضل فترة لزراعة المحصول الرئيسى فى هذه العروة. ولا يُخشى على النباتات من الصقيع؛ لأن الإنبات يكون غالبًا خلال شهر فبراير. ومن الأصناف التى تتحمل درجات الحرارة المنخفضة أكثر من غيرها كنج إدوارد، وجراتا، وهى التى يمكن زراعتها خلال شهر ديسمبر.

أما تأخير الزراعة حتى منتصف شهر فبراير، فإنه يعنى تأخير الحصاد حتى شهر يونيو. ومن أهم عيوب ذلك ما يلى:

أ- نقص المحصول نتيجة لارتفاع درجة الحرارة، وزيادة معدل التنفس.

ب- صغر حجم الدرنات.

ج- التعرض للإصابة بعديد من الكائنات التى تؤدى إلى تعفن الدرنات.

د- تزيد الحاجة إلى الرى بسبب ارتفاع درجة الحرارة، وتؤدى هذه الظروف مجتمعة (أى ارتفاع درجة الحرارة مع توفر الرطوبة الأرضية) إلى إحداث تفلقات ونموات ثانوية فى بعض درنات بعض الأصناف (الإدارة العامة للإرشاد الزراعى — وزارة الزراعة المصرية ١٩٧٧).

ويستفاد من محصول العروة الصيفية فيما يلى:

أ- تغطية احتياجات الاستهلاك المحلى خلال الفترة من منتصف أبريل حتى آخر شهر أكتوبر، والذى يمثل نحو ٥٥٪ من إنتاج هذه العروة.

ب- تصدير البطاطس البلية من الصنفين كنج إدوارد وكارا.

ج- تغطية الاحتياجات من التقاوى اللازمة للعروتين الخريفية الشتوية، وكذلك التقاوى اللازمة لإنتاج التقاوى المستوردة فى العروة الصيفية من العام التالى. تخزن التقاوى التى تنتج لهذا الغرض؛ ابتداءً من شهرى مايو ويونية حتى ديسمبر أو يناير، لمدة ٦-٧ شهور، على حرارة ٣-٤°م.

وسائل التبكير فى زراعة العروة الخريفية

للتبكير فى إنتاج البطاطس من العروة الخريفية التى تُزرع — عادة — خلال الفترة من بداية سبتمبر إلى منتصف أكتوبر، فإن الأمر يتطلب تبكير الزراعة لتصبح خلال شهرى يوليو وأغسطس، ولكن ذلك يُعرَض التقاوى المزروعة والنباتات النامية لدرجات حرارة عالية لا تناسبها، ولكن يمكن التغلب على هذه المشكلة بإحدى وسيلتين، كما يلى:

١– تحميل البطاطس على الذرة

تخطط الأرض خلال شهرى يونيو ويوليو لزراعة الذرة، وتكون الزراعة على الريشة الأكثر تعرضًا لأشعة الشمس، وعلى مسافة ٢٥ سم بين الجور، مع استعمال أصناف الذرة القصيرة نسبيًّا للحدّ من شدة تظليلها للبطاطس، وتزرع البطاطس بعد زراعة الذرة بنحو ٦–٨ أسابيع (من منتصف يوليو إلى آخر أغسطس) على الريشة الأخرى للخط، على أن تكون متبادلة (على شكل رجل غراب) مع نباتات الذرة.

توفر الذرة للبطاطس تظليلاً خفيفًا يعمل على تخفيض حرارة التربة والجو المحيط بالنباتات عدة درجات. وبعد حصاد الذرة يُردَم على البطاطس لتصبح فى وسط خط الزراعة.

وبينما يعطى الذرة المزروع بهذه الطريقة نحو ٨٠٪ من محصوله الطبيعى، فإن البطاطس المحملة عليه تنتج نحو ٧–٨ أطنان للفدان خلال شهرى أكتوبر ونوفمبر تباع بأسعار عالية؛ حيث لا يبدأ حصاد محصول العروة الخريفية العادية قبل منتصف شهر ديسمبر.

ومن أكثر الأصناف تحملاً للحرارة العالية — والتى يمكن زراعتها فى هذه العروة — اسبونتا وكلوديا، بينما يعد الصنف ألفا شديد الحساسية للحرارة.

٢– الرى بالرش خلال الفترة الأولى بعد الزراعة

يجب تجنب زراعة البطاطس فى تربة ترتفع حرارتها عن ٣٠–٣٢ ْم؛ لأن ذلك يعرض التقاوى للعفن، إلا أنه يمكن فى الأراضى الرملية غير الملحية — التى تتوفر فيها مياه رى عذبة — خفض حرارة التربة بما مقداره ٥–١٠ ْم، برش الحقل رشًّا خفيفًا بالماء كلما ارتفعت حرارة التربة — عند الزراعة، وحتى قبل اكتمال الإنبات — عن تلك الحدود. ولكن إذا احتوت مياه الرى على قدر — ولو متوسط — من الأملاح، كأن تكون درجة توصيلها الكهربائى — مثلاً — ٢ مللى موز/سم (١٣٠٠ جزء فى المليون من الأملاح) أو أعلى من ذلك، فإن استعمالها فى خفض حرارة التربة يؤدى إلى تراكم سريع للأملاح على سطح التربة. ويتطلب غسيل هذه الأملاح إضافة كميات كبيرة من الماء؛ الأمر الذى يؤدى إلى نقص الأكسجين فى التربة، وتعرض تقاوى البطاطس وجذورها

للعفن. ولهذا السبب ذاته لا تصلح هذه الطريقة للتطبيق فى الأراضى الثقيلة. هذا.. ويمكن اتباع هذه الوسيلة فى خفض حرارة التربة باستعمال أى من الرشاشات الدوارة، أو أجهزة الرى المحورى.

دورة البطاطس

أكثر المحافظات زراعة للبطاطس هى البحيرة، والجيزة، والغربية، والمنوفية، والدقهلية، وتزرع البطاطس فيها أساسًا فى دورة القطن الثلاثية. وأهم المحاصيل التى تدخل فى هذه الدورة هى: القطن، والذرة صيفًا، والبرسيم، والقمح، والشعير، والكتان، والفول شتاء. أما البطاطس، فتزرع فى العروة الصيفية أو الخريفية.

وتعتبر الدورة ضرورية لمكافحة عديد من الأمراض التى تصيب البطاطس، والتى تعيش مسبباتها فى التربة. ويجب أن يستبعد منها جميع الباذنجانيات، وكذلك الموز لإصابته بالبكتيريا المسببة للعفن الطرى، فلا تزرع أى من هذه المحاصيل فى نفس قطعة الأرض مع البطاطس إلا بعد مرور ثلاث سنوات.

إنتاج البطاطس البلية أو البطاطس الجديدة

البطاطس البلية أو البطاطس الجديدة New Potatoes هى درنات بطاطس لم يكتمل نموها ونضجها، نظرًا لحصادها فى مراحل مبكرة من النمو. وهى درنات يقل قطرها عن ٣ سم، وتبلغ كثافتها النوعية ١,٠٨، وترتفع فيها نسبة الرطوبة كثيرًا عما فى الدرنات المكتملة النمو، ولا تلتصق قشرتها بالتربة؛ ولذا يطلق عليها اسم "المفرولة". تُصدّر هذه البطاطس لأوروبا بأسعار مجزية، ويكون معظم تصديرها إلى المملكة المتحدة.

وأفضل المناطق لإنتاج البطاطس البلية هى محافظات المنوفية، والغربية، وبعض مراكز محافظة البحيرة القريبة من محافظتى الغربية والإسكندرية. وتفضل الزراعة فى الأراضى الخفيفة؛ للمساعدة على سرعة الإنبات، وسرعة النضج، ولكى لا تلتصق التربة بالدرنات عند الحصاد. ويعتبر كنج إدوارد وكارا هما صنفَى تصدير البطاطس البلية الرئيسيين.

وتنتج البطاطس البلية فى العروة الشتوية (المحيرة) التى تمتد زراعتها من منتصف أكتوبر إلى منتصف ديسمبر، وإن كان الموعد المفضل للزراعة خلال شهر نوفمبر. وتستقبل الأسواق الإنجليزية البطاطس البلية المصدرة إليها؛ ابتداءً من وقت نفاذ مخزون البطاطس المنتجة محليًّا هناك فى منتصف شهر يناير، وحتى نهاية شهر أبريل. ونظرًا لأن أبكر محصول من البطاطس البلية التى تنتج من العروة الصيفية لا يتم حصاده قبل منتصف شهر مارس؛ لذا.. يتعين الاهتمام بالزراعة — لأجل التصدير — فى العروة الشتوية.

تصدر البطاطس البلية فى أجولة سعة ٢٢ كجم، وتخلط درنات كل جوال بحوالى كيلو جرام واحد من البيت موس المندى بنحو ١,٥ لتر من الماء؛ حتى تحتفظ الدرنات برطوبتها خلال فترة الشحن التى تستغرق من ٢–٣ أسابيع.

تحصد الدرنات عند إنتاج البطاطس البلية — سواء من الصنف كنج إدوارد أم كارا — بعد نحو ٩٠–١٠٠ يومًا من الزراعة. أما فى الزراعة العادية، فإن الحصاد يكون بعد فترة تتراوح بين ١١٠ أيام و ١٢٠ يومًا من الزراعة.

استخدام البذور الحقيقية فى إنتاج البطاطس

مقدمة

تستخدم البذور الحقيقية فى إكثار البطاطس لأغراض التربية منذ زمن بعيد. وقد بدأ الاهتمام بأبحاث هذه الطريقة فى الإنتاج التجارى للبطاطس منذ أواخر سبعينيات القرن الماضى، خاصة فى نيوزيلندا، وفى معهد البطاطس الدولى فى بيرو، وفى الولايات المتحدة الأمريكية. والغرض من إنتاج البطاطس بهذه الطريقة هو الإسراع فى إنتاج التقاوى، والتغلب على مشكلة ارتفاع ثمنها، وعدم إصابة النباتات بالأمراض، خاصة الفيروسية منها، عن طريق التقاوى. وغنى عن البيان أن تداول ونقل عدة جرامات من البذور أسهل بكثير من تداول ونقل طن من الدرنات.

ومما ساعد على المضى قدمًا فى الدراسات المتعلقة بإنتاج البطاطس بهذه الطريقة التعرف على أصناف وسلالات لا تعطى مدى واسعًا من التباين فى الشكل المظهرى عند الزراعة بالبذور، لكن الحقول المزروعة بهذه الطريقة لابد أن يظهر فيها بعض التباين

بين نباتاتها فى معظم الصفات النباتية؛ لأن التكاثر بالبذرة يعنى اللجوء إلى الأجنة الجنسية التى تكون على درجة كبيرة من عدم التجانس الوراثى؛ لأن البطاطس من النباتات الخليطة وراثيًّا، وتنعزل عواملها الوراثية الخليطة عند تكوين الجاميطات.

وبذور البطاطس صغيرة للغاية، ولا يتعدى وزن البذرة الواحدة ملليجرام واحد. وتحتوى الثمرة الواحدة على نحو ٢٠٠ بذرة. وينتج كل نبات حوالى ٢٠ ثمرة. وتستخلص البذور من الثمار بطريقة آلية، يتم خلالها هرس الثمار، ثم فصل البذور بالغسل بالماء. ولا ينتقل عن طريق البذور سوى عدد قليل من فيروسات البطاطس هى فيرس الحلقة السوداء، وفيرس T، وفيرس X، وفيرس Y، وفيرس البقع الحلقية، بالإضافة إلى فيرويد الدرنة المغزلية، هذا.. بينما تنتقل كل أمراض البطاطس تقريبًا عن طريق الدرنات (George ١٩٨٥).

وعلى أية حال.. فإن البذور لا تزرع مباشرة فى الحقل، لكنها تستخدم فى إنتاج محصول من الدرنات الصغيرة، هى التى تستخدم كتقاوٍ. وتحتاج زراعة البذور إلى عناية خاصة؛ نظرًا لأنها صغيرة للغاية، وحساسة لبيئة الزراعة. وقد بين Martin (١٩٨٣) التفاصيل التى اتبعها فى زراعة ٨ هكتارات (حوالى ١٩ فدانًا) من البطاطس بالبذور الحقيقة على مدى سبعة أعوام من حيث طرق إنتاج البذور، واستخلاصها، والمعاملات التى أجريت عليها، وطرق زراعتها، وطرق مكافحة الحشائش والأمراض والحشرات، وطرق رعاية البادرات والنباتات.

وتزرع البذور فى بيئة من البيت والرمل على عمق لا يزيد على سنتيمتبر واحد. ويتم التحكم فى كثافة الزراعة بالخف بعد الإثبات بنحو ١٠–٢٠ يومًا؛ بحيث تتراوح بين ١٠٠ نبات و١٥٠ نباتًا فى كل مترٍ مربعٍ من الأرض. تحصد الدرنات بعد حوالى ١١٠ أيام من الزراعة ويمكن الحصول على نحو ٥٠٠–٦٠٠ درنة (حوالى ٤–٥ كجم) من كل مترٍ مربعٍ من الحقل. وتستخدم هذه الدرنات إما فى إكثار التقاوى، وإما كتقاوٍ مباشرة فى الزراعة التجارية. وبرغم أن غالبية الدرنات المنتجة عند زراعة البذور تكون صغيرة الحجم، إلا أن الكبيرة منها التى يتراوح قطرها ما بين ٣ سم و ٥ سم تكفى لزراعة ١٥ ضعف المساحة؛ أى إن كل فدان من المشتل ينتج درنات تكفى لزراعة ١٥

فدانًا من الحقل التجارى. هذا.. وأكثر من ٦٠٪ من الدرنات المنتجة فى المشاتل تقل فى الوزن عن ١٠ جم. وقد أمكن الاستفادة منها فى إكثار التقاوى؛ فعندما زرعت الدرنات الصغيرة (الناتجة من زراعة البذور) التى يتراوح وزنها بين جرام واحد و ١٠ جم؛ بمعدل نصف طن للهكتار أمكن الحصول على تقاوٍ تجارية بواقع ٢٠ طنًا للهكتار. وقد تراوحت ٧٥٪ من الدرنات الناتجة فى القطر بين ٢,٠ سم و٥,٥ سم (International Potato Center ١٩٨١).

ويعد إنتاج البطاطس بالاعتماد على البذور الحقيقية — سواء أتم ذلك باستعمال شتلات ناتجة من زراعة البذور مباشرة، أم باستعمال درنات البادرات البذرية Seedling Tubers (شكل ٥–٣) — نظامًا مثاليًّا لزراعة البطاطس لدى صغار المزارعين فى الدول النامية (Gunadi ١٩٩٢).



شكل (٥–٣): الدرنات الناتجة من زراعة بذور حقيقية.

جهود واتجاهات التربية لأجل تحسين الإنتاج باستعمال البذور الحقيقية

أدى التباين الشديد فى صفات الدرنات الناتجة من زراعة البذور الحقيقية — من حيث شكلها، ولونها، وحجمها، وصفاتها الأكلية — إلى اتجاه الدراسات — منذ عام ١٩٨٠ — إلى إنتاج هجن بذرية من البطاطس تتميز بمستوى مناسب من التجانس؛ بقدر يجعلها قادرة على المنافسة مع البطاطس العادية فى الأسواق العالمية. وكانت البداية باختيار الآباء التى يرتفع محصولها من البذور الحقيقية، والتى لا تظهر فى نسلها انعزالات موروفولوجية كثيرة عند تلقيحها معًا. وقد أمكن بالفعل التوصل إلى بعض الهجن التى لا تختلف كثيرًا فى درجة تجانس صفاتها الخضرية والدرنية عن الأصناف العادية (Love وآخرون ١٩٩٧).

هذا.. ولم يجد Golmirzaie & Serquen (١٩٩٢) ارتباطًا قويًّا بين صفات البادرات وصفات النباتات الكبيرة؛ الأمر الذى لم يتمكنا معه من الاعتماد على صفات البادرات فى الانتخاب للصفات المرغوبة فى النباتات البالغة.

ويوجه مربو النباتات اهتمامهم نحو انتخاب سلالات لإنتاج البذور الحقيقية، تتميز بقدرتها العالية على التآلف لصفات المحصول، والتبكير، والإزهار فى ظروف الحرارة العالية، والمقاومة للأمراض الرئيسية، مع احتوائها على الصفات المرغوبة للدرنات. كما يُفيد الانتخاب للإزهار وعقد الثمار فى ظروف الحرارة العالية إلى تحسين إنتاج البذور فى المناطق التى لا يتوافر فيها جو معتدل خلال المواسم التى تطول فيها الفترة الضوئية.

كذلك يهتم المربى بانتخاب سلالات تعطى بذورها بادرات قوية النمو وأكثر قدرة على تحمل صدمة الشتل؛ حيث وجدت تباينات وراثية كبيرة فى هذا الشأن، كما وجد أن بادرات الهجن كانت أكثر قدرة على تحمل صدمة الشتل من البادرات غير الهجين. وتبين أن ٨٧٪ من الاختلافات فى قدرة الشتلات على استعادة نموها بعد الشتل كان مردها إلى قدرتها على تكوين جذور جديدة.

ويؤدى ارتفاع درجة الحرارة خلال الفترة التى تعقب الشتل إلى الحد من نمو الجذور واستمرار ضعف النباتات (عن Malagamba ١٩٨٨).

ومن بين الأنواع البرية الهامة المكونة للدرنات من الجنس *Solanum*، والتى تنبت بذورها جيدًا، وتنمو بادراتها بقوة، وتنتج بكفاءة عالية فى الجو الحار الأنواع التالية:

S. jamesii
S. commersonii
S. pinnatisectum
S. kurtzianum
S. polytrichon

ويحاول مربو النباتات نقل الصفات الهامة المتعلقة بخصائص التكاثر الجنسى من تلك الأنواع إلى البطاطس المزروعة (Jaworski وآخرون ١٩٨٨).

إنتاج البذور الحقيقية

الظروف المثلى للإزهار وعقد الثمار

تُنتج البذور الحقيقية للبطاطس تحت ظروف النهار الطويل والحرارة المعتدلة، كما فى أوروبا خلال فصل الصيف.

إن أنسب الظروف لإزهار وعقد ثمار البطاطس هى توفر فترة ضوئية تتراوح بين ١٤ و١٨ ساعة مصحوبة بحرارة تتراوح — ليلاً — بين ١٥ و ٢٠ ْم. ولكن سلالات البطاطس تخلف فيما بينها كثيرًا فى قدرتها على الإزهار، وفى موعد إزهارها، والفترة التى تظل خلالها النباتات مزهرة، ومن حيث كونها خصبة الذكر، أم عقيمة الذكر. وقد وجد Gopal (١٩٩٤) من دراسته على ٦٦ سلالة من البطاطس أن ٥٤,٣٪ منها فقط كانت قادرة على الإزهار وتامة الخصوبة.

وتجدر الإشارة إلى أن إزالة السيقان الأرضية Stolons (المدادات)؛ بهدف منع تكوين الدرنات تؤدى إلى إحداث زيادة كبيرة فى إنتاج نباتات البطاطس من الثمار والبذور (El-Amin & Pehu ١٩٨٨).

التلقيح وتحسين العقد

لقد وُجدت ثمانية أنواع من النحل الطنّان *Bombus* spp. فى الحقول المعتمدة لإنتاج البذور الحقيقية للبطاطس فى ولاية ميرلاند الأمريكية، إلاّ أن نوعًا واحدًا فقط منها — هو *B. terricola* — كان ملقحًا لأزهار البطاطس (Barta ١٩٩٣).

وينصح Thakur وآخرون (١٩٩٤) — لأجل زيادة نسبة عقد الثمار، وعدد البذور بالثمرة، ومتوسط وزن ١٠٠ بذرة — بجمع حبوب اللقاح من المتوك المجففة — باستعمال قماش من النيلون يبلغ قطر ثقوبه ملليمترًا واحدًا — واستعمالها فى تلقيح الأزهار، وذلك عند إنتاج البذرة الهجين.

ويمكن حفظ حيوية حبوب اللقاح لعدة شهور بتخزينها — وهى جافة — فى حرارة تقل عن الصفر المئوى؛ وبذا.. يمكن استعمالها فى أى وقت نحتاج إليها فيه لإجراء التلقيحات اللازمة.

وتؤدى تربية نباتات البطاطس رأسيًّا — تحت ظروف الحقل — إلى تسهيل إجراء العمليات الحقلية؛ مثل التلقيح، ومكافحة الآفات، وحصاد الثمار، كما تؤدى إلى تحسين عقد الثمار ونموها (Malagamba ١٩٨٨).

محصول البذور ونوعيتها

ينخفض متوسط وزن ثمرة البطاطس الحقيقية، وعدد البذور فيها، ومتوسط وزن ١٠٠ بذرة بالاتجاه من قاعدة العنقود الثمرى إلى نهايته. وتوجد علاقة معنوية موجبة بين وزن الثمرة وعدد البذور فيها. ويمكن تحسين متوسط وزن ١٠٠ بذرة بالاكتفاء بحصاد الثمار التى توجد فى قاعدة العنقود فقط (Almekinders وآخرون ١٩٩٥). كما تعطى البذور المستخلصة من الثمار التى تعقد فى الثُلث السفلى من النبات بادرات أقوى نموًّا (Pallais ١٩٩٥).

ومن بين التقنيات التى اتبعت لإنتاج بذور بطاطس حقيقية ذى نوعية جيدة، ما يلى:

١- الحصول على البذور الحقيقية من نباتات أمهات نامية من درنات مختبرة لخلوها من الفيروسات، ومزروعة فى جو جاف مائل إلى البرودة، مع توفر فترة ضوئية طويلة، علمًا بأن الجو الحار لا يناسب الإزهار أو عقد الثمار.

٢- إضافة النيتروجين بمعدلات أعلى مما يلزم لإنتاج الدرنات، مع استمرار إضافة النيتروجين خلال مراحل تكوين البذور؛ لتأخير وصول نباتات الأمهات إلى مرحلة الشيخوخة، ولإطالة الفترة التى تكمل خلالها الثمار نموها، علمًا بأن هذه المعاملة قد تؤدى إلى زيادة شدة سكون البذور.

٣- حصاد ثمار البطاطس الحقيقية بعد اكتمال تكون البذور.

٤- اتباع الأساليب السليمة فى استخلاص البذور، وتطهيرها سطحيًّا، وتجفيفها، وتخزينها. وتؤدى سرعة تجفيفها إلى زيادة فترة احتفاظها بحيويتها وقوة إنباتها.

٥- نقع البذور قبل الزراعة فى المحاليل الملحية ذات الضغط الأسموزى العالى (seed priming)، بدلاً من معاملتها بحامض الجبريلليك (Pallais ١٩٩١).

هذا.. ويحتوى كل ١٠ جم من البذور — عادة — على نحو ٩٠٠-١٢٠٠ بذرة.

فسيولوجيا البذور

سكون البذور

تمر البذور الحقيقية للبطاطس بفترة سكون بعد حصادها لا تنبت خلالها، ويظل إنباتها غير مؤكد حتى بعد تخزينها لفترات طويلة. كذلك يكون نمو البادرات الناتجة من زراعة البذور الحقيقية بطيئًا.

تُعرَف البذور الساكنة بأنها البذور التى يمكنها الإنبات بسهولة فى المجال الحرارى المعتدل فقط، وهو ١٤-٢٠ ْم. ومثل هذه البذور لا تصلح للزراعة على نطاق تجارى؛ لأنها تعد ساكنة، ولا يمكنها الإنبات على حرارة تزيد على ٢٧ ْم أو أعلى من ذلك.

وتتأثر شدة سكون البذور بكلٍّ من التركيب الوراثى والعوامل البيئية قبل حصاد البذور وبعد حصادها. وعمومًا.. فإن بذور الأصناف الثنائية التضاعف diploids — التى

تنتشر فى أمريكا الجنوبية – أقل سكونًا من بذور الأصناف الرباعية التضاعف tetraploids.

وقد وجد أن معاملة البذور الحديثة الحصاد بحامض الجبريلليك بتركيز ١٠٠٠–٢٠٠٠ جزء فى المليون لمدة ٢٤ ساعة يحفزها على الإنبات، ولكن المعاملة تؤثر تأثيرًا سلبيًّا على نمو البادرات الناتجة؛ بحيث تكون أشد ضعفًا ورهافة، وأقل محتوى من المادة الجافة إذا قورنت بالبادرات التى تنتج من البذور غير المعاملة بالجبريللين. وتمتد فترة سكون البذور الحقيقية فى معظم سلالات البطاطس لفترة تزيد على ستة أشهر بعد حصادها. وتزداد حدة مشكلة إنبات البذور عند زراعتها فى حرارة تزيد على ٢٥ °م، حتى مع معاملتها بحامض الجبريلليك.

وقد تمكن Pallais وآخرون (١٩٩١) من تحسين إنبات بذور البطاطس فى ظروف الحرارة العالية، وذلك بتخزينها بعد حصادها لفترة تزيد على ١٨ شهرًا، مع نقعها قبل الزراعة فى محلول من نترات البوتاسيوم وفوسفات البوتاسيوم (–١,٠ ميجاباسكال -1.0 MPa). وقد كانت معاملة النقع هذه أفضل من معاملة النقع فى حامض الجبريلليك بتركيز ١٥٠٠ جزء فى المليون.

كذلك تمكن Pallais (١٩٩٥ ب) من تخليص بذور البطاطس من حالة السكون بتخزينها – وهى تحتوى على ٤,٢٪ رطوبة على أساس الوزن الجاف – على حرارة ٤٥ °م لمدة شهرين فقط.

كما أمكن التغلب على السكون فى بذور البطاطس الحقيقية المستخلصة حديثًا وإسراع إنبات البذور القديمة بنقعها فى محلول حامض الجبريلليك بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون لمدة ٢٤–٤٨ ساعة (Sathiyamoorthy & Nakamura ١٩٩٥)، أو بتركيز ٢٠٠٠ جزء فى المليون لمدة ٢٤ ساعة (Bhargava ١٩٩٧).

وقد تبين عند تخزين بذور البطاطس الحقيقية لمدة ١٦٥ يومًا على حرارة الغرفة أن تركيز حامض الجبريلليك ازداد خلال الـ ١٢٠ يومًا الأولى قبل أن ينخفض، فى الوقت

الذى انخفض فيه تركيز حامض الأبسيسك طوال فترة التخزين؛ مما يدل على أن سكون البذور يتحكم فيه مستوى التوازن بين هذين الهرمونين الطبيعيين (Bhargava ١٩٩٧).

تخزين البذور وحفظ حيويتها

من المعروف أن بذور البطاطس المجففة جيدًا بعد الحصاد يمكن أن تحتفظ بحيويتها لفترات طويلة، وصلت فى بعض الدراسات إلى ١٠–١٥ سنة عندما خزنت فى حرارة الغرفة، وإلى ٢٠ سنة عندما خزنت فى حرارة ٢٠ ْم (Malagamba ١٩٨٨).

ويستدل من دراسات Pallais (١٩٩٥أ) على أن أفضل الظروف لحفظ حيوية بذور البطاطس الحقيقية هى بتخزينها على حرارة ٥ ْم، مع خفض نسبة الرطوبة فى البذور — ابتداء — إلى ٣٠٪، إلاّ أن هذه المعاملة حافظت — كذلك — على حالة السكون فى البذور. وبالمقارنة.. أنبتت البذور التى خزنت لمدة ١٨ شهرًا على حرارة ٤٥ ْم، وهى تحتوى — ابتداءً — على رطوبة ٣٪ على أساس الوزن الجاف .. أنبتت بنسبة ١٠٠٪ فى خلال تسعة أيام من استنباتها. أما البذور التى احتوت على رطوبة بنسبة ٥٪ وخزنت على ٤٥ ْم، فقد انخفضت نسبة إنباتها إلى أقل من ٥٠٪ خلال ١٨ شهرًا، كما فقدت البذور التى احتوت على رطوبة بنسبة ٧٪ وخزنت على ٤٥ ْم.. فقدت حيويتها كلية فى خلال ستة شهور من التخزين.

وقد توصل Pallais وآخرون (١٩٩٦) إلى أن بذور البطاطس المجففة جيدًا. والتى يبلغ محتواها الرطوبى على أساس الوزن الجاف ٣,٤٪ – يمكن تخزينها بأمان على حرارة ٤٠ ْم لمدة تزيد على السنتين — لتخليصها من حالة السكون — دون أن تتأثر حيويتها. وبينما يؤدى تخزينها على حرارة أقل من ذلك إلى بطء تخلصها من حالة السكون، فإن تخزينها على حرارة أعلى من ذلك يسرع من فقدها لحيويتها.

إنبات البذور

تنبت بذرة البطاطس الحقيقية إنباتًا هوائيًّا epigeal، وتظهر الفلقتان أعلى سطح التربة نتيجة لاستطالة السويقة الجنينية السفلى hypocotyl. يبرز الجذير من فتحة

النقير بالبذرة، ثم ينمو ليكون جذرًا وتديًّا لا يلبث أن يتفرع؛ مكونًا جذورًا جانبية كثيرة. وتكون الأوراق الأولى على هذا النبات بيضاوية الشكل، وبها شعيرات كثيرة. وتتكون السيقان الأرضية stolons على النبات وهو ما زال صغيرًا، لا يتعدى طوله سنيتمترات قليلة، وتنشأ فى آباط الأوراق الفلقية. تتجه هذه السيقان نحو الأرض لتخترقها، ثم تكوِّن بعد ذلك درنات صغيرة فى أطرافها (شكل ٥-٤). وقد تتكون درنات أخرى صغيرة بنفس الطريقة بعد أن تنشأ سيقان أرضية مماثلة من آباط الأوراق الأخرى القريبة من سطح التربة (Cutter ١٩٧٨).



شكل (٥-٤): بادرات بطاطس ناتجة عن زراعة البذور الحقيقية فى المراحل المختلفة لنموها. لاحظ نمو السيقان الجارية فى آباط الأوراق الفلقية، وبداية تكوّن الدرنات فى أطرافها (١,٥ ضعف الحجم الطبيعى).

طرق استعمال البذور الحقيقية فى إنتاج البطاطس

تستعمل بذور البطاطس فى الزراعة بإحدى ثلاث طرق، كما يلى:

١- زراعة البذور فى بيئة مناسبة وتحت ظروف مثلى للإنبات والنمو، ثم شتل البادرات فى الحقل؛ لإنتاج محصول تجارى من الدرنات للاستهلاك. ولكن لم يثبت نجاح هذه الطريقة على نطاق تجارى.

٢- زراعة البذور فى بيئة مناسبة وتحت ظروف مثلى للإنبات والنمو، ثم شتل البادرات بكثافة عالية فى الحقل لإنتاج محصول من درنات البادرات seedling tubers التى يتراوح قطرها بين سنتيمترين وخمسة سنتيمترات. تحصد هذه الدرنات وتخزّن لحين زراعتها فى حقول إنتاج البطاطس التجارية فى موسم الزراعة التالى.

٣- زراعة البذور فى حقولٍ خاصةٍ تتم حمايتها من الحشرات، وتكون الزراعة بكثافة عالية، ولكن بمعدل لا يزيد على جرام واحد من البذور الحقيقية لكل متر مربع من الأرض. تعطى الزراعة بهذه الطريقة حوالى ١٠ كيلوجرامات من الدرنات التى يقل قطرها عن ٣ سنتيمترات من كل مترٍ مربعٍ من الحقل؛ وهى كمية تكفى لزراعة نحو ١٠٠ م^{٢} من الحقل التجارى فى الموسم التالى.

ومن بين هذه الطرق الثلاث للزراعة، فإن الطريقة الأولى فقط هى التى يمكن اعتبارها إكثارًا جنسيًّا للبطاطس؛ لأن الطريقتين الثانية والثالثة تعتمدان على إنتاج جيل من الدرنات التى تستعمل بعد ذلك كتقاوٍ. أما زراعة البذور الحقيقية مباشرة فى الحقل الدائم، فهى — مثل الطريقة الأولى — غير عملية وغير ناجحة فى الوقت الحاضر. وإذا نجحت هذه الطريقة مستقبلاً، فإنه يكفى معها استعمال أقل من ١٠٠ جم من البذور لزراعة هكتار من الأرض، أو نحو ٤٠ جم لكل فدان. ولا يزيد ثمن هذه البذور على ١٠٪ من تكلفة تقاوى الدرنات التى تلزم لزراعة مساحة مماثلة من الأرض (Pallais ١٩٩١).

زراعة البذور الحقيقية

تزرع البذور الحقيقية فى مشاتل حقلية تتكون مهادها — حتى عمق ٢٥-٣٠ سم — من الرمل والبيت موس، وتكون زراعة البذور بكثافة عالية بحيث يبقى بعد الخف حوالى

١٠٠ نبات فى كل متر مربع من أرض المشتل، ويفضل أن تكون على أبعاد ١٠ × ١٠ سم من بعضها البعض، وعندما تكون الظروف مثلى للنمو فإنه يمكن الحصول على حوالى ١٥٠٠ درنة صالحة للاستعمال من كل مترٍ مربع. وعند الزراعة بهذه الكثافة تزداد نسبة الدرنات المتحصل عليها التى يزيد وزنها على ٢٠ جرامًا، مقارنةً بالدرنات المنتجة فى الزراعات الأشد كثافة من ذلك (عن Malagamba ١٩٨٨).

وعند زراعة بذور البطاطس الحقيقية، فإن كل مترٍ مربعٍ من الأرض ينتج — فى المتوسط — حوالى ٣٫٣ كجم من الدرنات الصغيرة (Solanke & Nankar ١٩٩٣).

وقد تمكن Barta وآخرون (١٩٩٤) من زيادة عدد الدرنات المتكونة على البادرات الناتجة من زراعة بذور حقيقية بغمر جذور البادرات — وهى فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية الرابعة إلى الخامسة — فى محلول بادئ يحتوى إلى جانب العناصر السمادية (٥٫٣٢ جم فوسفات الأمونيوم، و ٢٫٦٦ جم نترات البوتاسيوم/لتر) على إندول حامض البيوتريك بتركيز ٥–١٠ أجزاء فى المليون.

ولقد أمكن إنتاج درينات من بادرات البطاطس الناتجة من زراعة بذور حقيقية لثلاثة هجن بمعدلات تراوحت بين ٣، و٥ كجم لكل متر مربع من مراقد البذور. وعند استخدام تلك الدرينات فى إنتاج محصول من البطاطس كان محصولها مقاربًا لمحصول درنات الصنف ألفا المنتج باستعمال تقاوى من الدرنات العادية (El-Amin وآخرون ١٩٩٦).

وفى دراسة أخرى كانت أفضل كثافة نباتية لإنتاج درنات البادرات هى ٧٠–١٠٠ نبات بكل متر مربع، وكان أفضل حجم لدرنات البادرات التى تُعطى أعلى محصول هو ٣٠–٤٠ مم (Carputo وآخرون ١٩٩٦).

قد يكون إنتاج البطاطس باستخدام البذور الحقيقية اقتصاديًّا فى المناطق التى تعانى بشدة من انتشار الأمراض التى تنتقل مسبباتها مع درنات التقاوى، وحين يصعب الحصول على تلك الدرنات فى الوقت المناسب وبالأسعار المناسبة، أو حينما لا تكون الظروف مواتية لعمل برامج عالية المستوى لإنتاج درنات التقاوى (Almekinders وآخرون ١٩٩٦).

شتل البادرات البذرية

عند شتل البادرات الناتجة من زراعة بذور حقيقية — بهدف إنتاج محصول من الدرنات التى تستعمل كتقاوٍ — فإنه تفضل زراعتها على مسافة ١٠ سم من بعضها البعض فى خطوط تبعد عن بعضها بمقدار ٤٠ سم (Kamla Singh ١٩٩٤).

ويكون شتل بادرات البطاطس — عادة — بعد نحو ١٠–١٢ أسبوعًا من زراعة البذور. وإذا توافرت الإمكانات فإنه يفضل تفريد البادرات بعد أسبوعين من الإنبات فى صوانٍ بلاستيكية (شتّالات) تبقى فيها لحين شتلها فى الحقل الدائم. ويفيد هذا الإجراء فى عدم إهدار بعض الشتلات؛ لانتفاء الحاجة إلى عملية الخف، كما تفيد فى إنتاج شتلات قوية لا تتأثر بصدمة الشتل.

إكثار درنات البادرات البذرية

على الرغم من أن درنات البادرات البذرية Seedling Tubers قد يمكن استعمالها فى الزراعة مباشرة، إلا أنها غالبًا ما تكثر أولاً لإنتاج جيل جديد من محصول الدرنات التى تستعمل — بدورها — فى الزراعة. ويحتاج النبات إلى حوالى ١٢٥–١٣٥ يومًا من وقت زراعة درنات البادرات إلى حين حصادها.

عمليات الخدمة الزراعية

معاملات مبيدات الحشائش

يتعين استعمال مبيدات الحشائش فى أحواض زراعة البذور؛ نظرًا لأن بادرات البطاطس بطيئة النمو للغاية، ولا يمكنها منافسة الحشائش. وتتم المعاملة بالمبيدات قبل زراعة البذور بنحو أسبوعين؛ لتجنب أية تأثيرات سلبية محتملة على نمو بادرات البطاطس من جراء عملية المعاملة. ومن المبيدات المستعملة فى هذا الشأن ما يلى:

diphenamid	metribuzin
Trifluralin	trifluoromethyl
alachlor	napropamide
EPTC	pebulate

كذلك يمكن رش بادرات البطاطس فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية الثانية أو الثالثة بمبيد متريبوزين metribuzin بمعدل ٠,٣–٠,٥ كجم من المادة الفعالة للهكتار (٠,١٢٥–٠,٢ كجم للفدان) (عن Martin ١٩٨٨). ويمكن أن تستعمل فى الحقول التى تشتل فيها بادرات البطاطس المبيدات نفسها التى سبق بيانها، وكذلك كل من pendimethalin، و metolachlor (عن Martin ١٩٨٨).

الحماية من الحشرات الناقلة للفيروسات

تؤدى حماية المساحات الحقلية المزروعة بالبذور الحقيقية من الحشرات — باستعمال أغطية ذات ثقوب دقيقة غير منفذة لها — إلى خلو النباتات من مختلف الإصابات الفيروسية. وقد وجد El-Hammady وآخرون (١٩٩٥) أن استعمال الدرنات الصغيرة الناتجة من هذه النباتات المغطاة — فى الزراعة — أعطى محصولاً أعلى بنسبة ٢٢٪، مقارنة باستعمال درنات ناتجة من نباتات غير مغطاة، كما أعطت التقاوى الأولى نباتات خالية من الإصابات الفيروسية.

مشاكل إنتاج البطاطس باستعمال البذور الحقيقية فى مصر

يؤدى بطء نمو البادرات التى تنتج عند زراعة بذور البطاطس الحقيقية إلى جعلها شديدة الحساسية للظروف البيئية المعاكسة؛ الأمر الذى يحد من قدرتها على إنتاج الدرنات الصغيرة. وعند اختبار مختلف مواعيد الزراعة فى مصر، وجد أن المواعيد المبكرة من العروة الخريفية لم تكن مناسبة بسبب شدة ارتفاع درجة الحرارة عند الزراعة؛ الأمر الذى أدى إلى نقص نسبة إنبات البذور وضعف نمو البادرات. كذلك لم تكن المواعيد المتأخرة من العروة الخريفية مناسبة؛ بسبب انخفاض درجة الحرارة ليلاً مع قِصَر الفترة الضوئية بعد الزراعة بفترة وجيزة؛ الأمر الذى أدى إلى سرعة وضع الدرنات قبل تكوّن نمو خضرى مناسب. كذلك لم تكن الزراعة فى العروة الربيعية مناسبة؛ بسبب انخفاض درجة الحرارة مع قِصَر الفترة الضوئية عند الزراعة؛ الأمر الذى أدى إلى حدة المنافسة بين النمو الخضرى والدرنات المتكونة على الغذاء المجهز. هذا.. إلا أن محصول الدرنات عند الزراعة فى هذا الموعد كان أفضل من غيره، وخاصة

مقارنة بالزراعة فى الموعد الربيعى المتأخر الذى صاحبته درجات حرارة شديدة الارتفاع فى شهرى مايو ويونيو؛ الأمر الذى حدّ من توافر الغذاء المجهز للتخزين فى الدرنات (Engels وآخرون ١٩٩٣ أ).

وقد تمكن الباحثون (Engels وآخرون ١٩٩٤) من التغلب على هذه المشكلة بشتل البادرات الناتجة من زراعة البذور الحقيقية؛ حيث تغلبت النباتات على صدمة الشتل خلال خمسة أيام من الزراعة فى الحقل — فى العروة الخريفية — وأعطت محصولاً من الدرنات تراوح بين ١٢ طنًّا و١٦ طنًّا للهكتار. وبالمقارنة.. لم تكن عملية الشتل مناسبة فى العروة الربيعية التى سادتها حرارة منخفضة وفترة ضوئية قصيرة فى بداية حياة النبات؛ الأمر الذى حفّز وضع الدرنات فى المشتل ذاته قبل إجراء عملية الشتل.

ولقد وجد Engels وآخرون (١٩٩٥) أن بادرات البطاطس التى تنتج من زراعة البذور الحقيقية فى شهر يناير فى مصر (العروة الصيفية) تبدأ فى وضع درناتها قبل أن تبلغ خمسة سنتيمترات طولاً؛ بسبب انخفاض درجة الحرارة وقِصَر الفترة الضوئية فى هذا الوقت من العام. وقد ترتب على وضع الدرنات فى تلك المرحلة المبكرة من النمو ضعف شديد فى نمو النباتات وانخفاض شديد فى محصولها من الدرنات، ولم يُجدِ شتلُها فى تأخير وضعها للدرنات. هذا.. إلاّ أن زيادة طول الفترة الضوئية فى المشتل باستعمال إضاءة ضعيفة من لمبات التنجستين أخر كثيرًا من وضع الدرنات، وأدى إلى زيادة محصول الدرنات إلى الضعف، مقارنة بمحصول الشتلات التى لم تتعرض لهذه المعاملة.

كما أجرى Engels وآخرون (١٩٩٣ب، ١٩٩٣ ج) دراسات على إنتاج محصول من درنات البطاطس بزراعة درنات البادرات Seedling tubers (التى حُصِل عليها من زراعة البذور الحقيقية لنسل هجينين جنسيين) تحت الظروف المصرية. كانت زراعة درنات البادرات إما فى يناير (عروة صيفية)، وإما فى سبتمبر (عروة خريفية)، وتراوح وزن الدرنات بين ٠,٥ جم و ٣٥ جم بالنسبة لدراسات النمو الخضرى، وبين ٠,٥ جم و >٢٠ جم بالنسبة لدراسات المحصول وصفات الدرنات الناتجة، بينما تراوحت كثافة الزراعة بين ٥,٣ و ٢١,٢ درنة/م^{2}. وقد توصل الباحثون إلى أن درنات البادرات الصغيرة

كانت أكفأ كثيرًا من الدرنات الكبيرة فى إنتاج السيقان بالنسبة لكل وحدة وزن من الدرنة المزروعة، ولكن تلك السيقان كانت أضعف نموًا من السيقان التى أنتجتها الدرنات الكبيرة؛ الأمر الذى جعلها أقل قدرة على تصنيع الغذاء. وقد ترتب على ذلك أن قدرة درنات البادرات على إنتاج محصول من الدرنات الصالحة للتسويق انخفض بنقص وزن درنة البادرة المزروعة.

استخدام الدرنات الصغيرة (المينى والميكرو) فى إنتاج البطاطس

اتجهت بعض الدراسات نحو إنتاج البطاطس باستعمال الدرنات الصغيرة minitubers، والدرنات الصغيرة جدًّا microtubers كتقاوٍ. وبينما لا يتحصل على الدرنات الصغيرة جدًّا إلاّ من مزارع الأنسجة، فإن الدرنات الصغيرة يتحصل عليها من كلٍ من الزراعات العادية، وزراعات البذور الحقيقية، وزراعات الأنسجة، ولكن هذه الدرنات تتباين فى أحجامها حسب مصدرها. فيمكن الحصول على درنات صغيرة minitubers من حقول إنتاج تقاوى البطاطس العادية؛ وذلك بفرز الدرنات التى يقل قطرها عن سنتيمترين، وقد تبين أن الدرنات التى يقل وزنها عن خمسة جرامات (وحتى ١٥ جرامًا أحيانًا) تنبت متأخرة قليلاً، ويكون نموها الخضرى أقل مما فى حالة الدرنات الأكبر حجمًا، ولكن الدرنات التى يزيد وزنها على ١٥ جرامًا لم تختلف فيما بينها فى سرعة الإنبات أو فى حجم النمو الخضرى (Allen وآخرون ١٩٩٢).

وقد سبقت مناقشة موضوع إنتاج البطاطس من الدرنات الصغيرة الناتجة من زراعة البذور الحقيقية.

ولكن عندما تُذكر البطاطس الصغيرة، فإنه يقصد بها غالبًا تلك التى تُنتج فى مزارع الأنسجة، وهى تستعمل فى برامج إنتاج تقاوى البطاطس فى بداية عملية الإكثار، إلاّ أنه جرت محاولات لاستعمالها فى الإنتاج التجارى للبطاطس بصورة مباشرة. وقد وجد Melching وآخرون (١٩٩٣) أن تغليف هذه الدرنات الصغيرة بمخلوط مُرَّطب من البيت موس مع الفيرميكيوليت أدى إلى زيادة المحصول الناتج من زراعتها بمقدار ٤٤٪

عن المحصول الناتج من زراعة درنات صغيرة بدون تغليف. كذلك أدت الزراعة على مسافات ضيقة وزراعة درنتين فى كل جورة إلى زيادة المحصول بمقدار ٣٥٪، و٢٠٪، على التوالى. وبمقارنة أحجام مختلفة من الدرنات الصغيرة (٠,١٣–٠,٢٥ جم، و ٢,٠٠–٣,٩٩ جم) مع الدرنات العادية، كانت الدرنات الصغيرة الأكبر حجمًا أكثر تجانسًا فى الإنبات، وأسرع نموًا، وأعلى محصولاً، ولكنها كانت أقل فى تلك الصفات من الدرنات العادية. وقد أعطت جميع الدرنات الصغيرة نباتات بساق واحدة (Lommen & Struik ١٩٩٤)، كما كانت الدرنات الصغيرة الأصغر حجمًا أبطأ إنباتًا وأضعف نموًّا من الدرنات الصغيرة الأكبر حجمًا (Lommen ١٩٩٤).

وقد قارن Ranalli وآخرون (١٩٩٤) زراعة البطاطس باستعمال الدرنات الصغيرة جدًّا microtubers والدرنات الصغيرة minitubers، مقارنةً بالدرنات العادية، مع استعمال مسافتين بين خطوط الزراعة؛ هما: ٦٠ سم، و٩٠ سم. وقد وجد الباحثون أن النمو النباتى لم يغطِّ سطح التربة بصورة كاملة — تقريبًا — إلا عند استعمال الدرنات العادية فى الزراعة؛ علمًا بأن الغطاء النباتى قلَّ بنقص وزن الدرنات المستعملة فى الزراعة. وكان المحصول ٥٠,٨، و ٣١,٧، و ١٧,٠ طنًّا للهكتار (كمتوسط لمسافتى الزراعة) عند استعمال الدرنات العادية، والصغيرة، والصغيرة جدًّا، على التوالى.

وكان المحصول جوهريًّا بين المسافتين فى حالة استعمال الدرنات الصغيرة جدًّا والصغيرة فقط؛ حيث بلغ ٢٧,٣، و ٦,٧ طنًّا فى حالة الدرنات الصغيرة جدًّا، و ٣٨,٩، و ٢٤,٤ طنًّا للهكتار فى حالة الدرنات الصغيرة عند الزراعة فى خطوط تبعد عن بعضها البعض بمسافة ٦٠، و٩٠ سم على التوالى، كما بلغ متوسط عدد الدرنات الناتجة من المتر المربع ١٠٧,٨، و ١٢٢,١، و ١٤٢,٩ درنة عند استعمال الدرنات الصغيرة جدًّا، والدرنات الصغيرة، والدرنات العادية — على التوالى — فى الزراعة. وقد اختلفت أحجام الدرنات المتحصل عليها باختلاف أحجام درنات التقاوى؛ حيث أعطت التقاوى الصغيرة نسبةً أعلى من محصول الدرنات الصغيرة.

وأوضحت دراسات Désiré وآخرون (١٩٩٥أ) أن محصول الدرنات ازداد بزيادة كل من حجم الدرنات (الصغيرة جدًّا المتحصل عليها من زراعات الأنسجة) بين ٣ و ٩ مم، وعمرها الفسيولوجى (بتخزينها لفترات مختلفة بعد إنتاجها) بين ١٤ و ٥١ أسبوعًا، كما ازداد عدد الدرنات المتحصل عليها بزيادة كثافة الزراعة بين ٣٧ و ٤٠٠ درنة صغيرة جدًّا بكل متر مربع.

وعمليًّا.. يفضل استعمال الدرنات الصغيرة جدًّا فى إنتاج محصول من الدرنات التى يمكن استعمالها فى الزراعة؛ وذلك بزراعتها بمعدل حوالى ٣٠ درنة صغيرة جدًّا لكل مترٍ مربعٍ. تعطى الزراعة بهذه الطريقة محصولاً من الدرنات الصغيرة التى تصلح كتقاوٍ يتراوح بين ٠,٦٦، و ٣,٨٠ كجم/م٢ حسب الصنف (Vecchio وآخرون ١٩٩١ب).

هذا.. ويُوصى بزراعة درنات البطاطس الصغيرة (الـ minitubers) بكثافة عالية (٤٠–٨٠ درنة/م٢) عندما يكون الغرض هو استخدام الدرنات المنتجة منها لأجل مزيد من الإكثار، وزراعتها بكثافة منخفضة (١٠–٢٠ درنة/م٢)، وذلك عندما يكون الغرض هو استخدام الدرنات المنتجة منها كتقاوٍ مصدقة certified (Georgakis وآخرون ١٩٩٧).

وتُفيد الزراعة بالدرنات المينى — التى تكون عادة خالية من فيرس Y البطاطس — فى خفض الإصابة الابتدائية بالفيرس فى حقول الزراعة. هذا.. إلاّ أن النباتات التى تنتج من زراعة الدرنات المينى تكون أصغر حجمًا ويتأخر إنباتها عن تلك التى تنتج من زراعة التقاوى العادية؛ بما يمكن أن يزيد من فرصة إصابتها بفيرس واى البطاطس. وقد أدى ذلك فى نهاية الأمر إلى تساوى نباتات الدرنات المينى مع نباتات التقاوى التقليدية فى إصابتها بفيرس واى البطاطس (Fulladolsa وآخرون ٢٠١٨).

الفصل السادس

عمليات الخدمة الزراعية

نُجمل – فيما يلى – توقيتات مختلف المعاملات الزراعية لحقول البطاطس، وهى العمليات التى نفصلها فى هذا الفصل:

التوقيت	المعاملة
٢٥ يومًا قبل الزراعة فى الربيع	حراثة الغطاء النباتى الخضرى فى التربة لتسهيل تحلله
٢١ يومًا قبل الزراعة	بدء استنبات التقاوى shitting
١١ يومًا قبل الزراعة	تجهز خطوط الزراعة
١٠ أيام قبل الزراعة	رى الحقل بنحو ٢,٥–٣,٢٥ سم من الماء
٣ أيام قبل الزراعة	تقطيع درنات التقاوى
١ يوم قبل الزراعة	تنعم خطوط الزراعة والتخلص من الحشائش النابتة
يوم الزراعة	الزراعة فى خندق بوسط مصطبة الزراعة مع تغطية التقاوى بنحو ٧,٥– ١٠ سم من التربة
١١ يوم بعد الزراعة	حراثة قاع الخطوط وجوانبها مع أول ظهور للحشائش، مع تكسير إندماج التربة الذى تُحدثه العجلات فى نفس العملية
٣٠، و٤٠ يومًا بعد الزراعة	التدريم حول النباتات مرتان قبل الإزهار
٥٥–٩٥ يومًا بعد الزراعة	حصاد البطاطس الجديدة بعد ٨–٩ أسابيع من الزراعة والبطاطس الـ creamers بعد ١٠–١٢ أسبوع
١١٦ يومًا بعد الزراعة	إجراء رية خفيفة (٠,٥–١,٠ سم) قبل حصاد المحصول الرئيسى لتسهيل عملية الحصاد
١٢٠–١٤٠ يومًا بعد الزراعة	حصاد المحصول الرئيسى
١٦٠ يومًا بعد الزراعة	رفع خراطيم الرى بالتنقيط
١٨٠ يومًا بعد الزراعة	حراثة النباتات فى التربة

(Leap وآخرون ٢٠١٧).

الترقيع

تعتبر عملية الترقيع أولى عمليات الخدمة الزراعية، ويعنى بها إعادة زراعة الجور الغائبة؛ أى التى لم تنبت فيها قطعة التقاوى. ويتم ذلك بحفر الجور الغائبة وإزالة

قطعة التقاوى غير النابتة، ثم وضع قطعة تقاوٍ أخرى سبق تنبيتها فى مكانها. ويكون ذلك قبل الرية الثانية بعد الزراعة غالبًا. ولا تجرى عملية الترقيع إلا فى أجزاء الحقل التى تقل فيها نسبة الإنبات عن ٩٠٪. أما عند زيادة نسبة الإنبات عن ذلك، فإن النباتات الموجودة يمكنها أن تشغل الحيز الذى تركته الجور الغائبة.

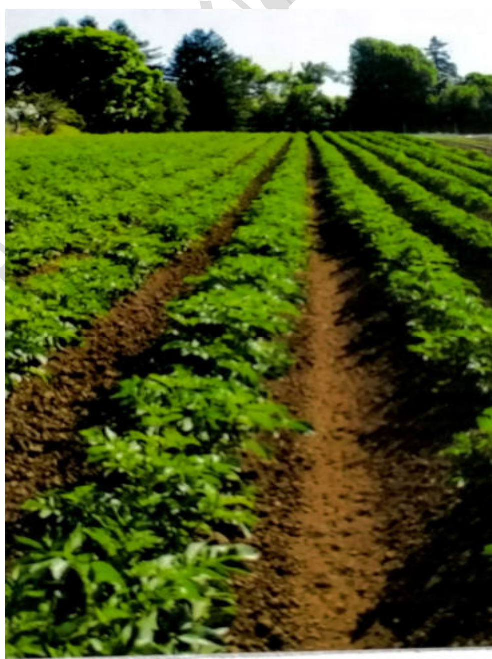
العزق وإقامة الخطوط

تجرى عملية العزق فى البطاطس لهدفين رئيسيين؛ هما: التخلص من الحشائش، والردم حول النباتات (شكل ٦-١). وأهم ما تحب مراعاته عند إجراء العزق هو أن يكون سطحيًا قدر الإمكان حتى لا تتقطع جذور النباتات، وأن يكون سن الفأس أو العازقات الآلية بعيدًا عن النباتات، وأن تزداد هذه المسافة مع تقدم النباتات فى العمر. ويكتفى عادةً بعزقتين أو ثلاث عزقات؛ لأن كثرة العزق تساعد على زيادة انتشار الإصابات الفيروسية فى الحقل. ويجب أن يتوقف العزق عند خلو الأرض من الحشائش، أو عند كبر النباتات فى الحجم؛ حتى لا تتضرر الجذور والنموات الخضرية، كما أن كثرة مرور الجرارات يؤدى فى حالة العزق الآلى إلى انضغاط التربة، برغم أن المحاريث تفكك الطبقة السطحية.

ويتعين — عند إقامة الخطوط آليًّا — أن يكون مقطع (بروفيل) الخط مناسبًا؛ فيكون بارتفاع حوالى ٢٥ سم، وذا قمةٍ عريضةٍ مدوّرة؛ حيث يسمح هذا الشكل بوضع الدرنات تحت طبقة سميكة نسبيًّا — من التربة. وتكرر هذه العملية مرة أخرى وأخيرة حينما يبلغ ارتفاع النباتات حوالى ١٥ سم؛ أى فى وقت إضافة النيتروجين. وفى هذه المرة تكافح الحشائش، وتعدّل الخطوط إلى ارتفاعها النهائى (شكلا ٦-١، ٦-٢). وعلى الرغم من تساوى الارتفاع النهائى للخطوط فى العروتين الصيفية والخريفية، فإنها تكون فى البداية أقل ارتفاعًا فى العروة الصيفية التى يسودها جو بارد عند الزراعة، عنها فى العروة الخريفية التى يسودها جو حار عند الزراعة. وفى الواقع أن الخطوط تقام فى العروة الخريفية كاملة منذ البداية، ويكون الهدف من المرة الثانية هو إعادة تشكيل ما تهدم منها.



شكل (٦-١): الترديم حول النباتات عند العزيق وإقامة الخطوط؛ لأجل توفير المكان المناسب لوضع الدرنات.



شكل (٦-٢): خطوط البطاطس وقد أُقيمت بطريقة مثالية

ويُفيد فى مكافحة حشائش البطاطس زراعة محاصيل منافسة للحشائش فى دورة البطاطس، والتوقيت الجيد للعزيق، واتباع المعاملات الزراعة التى تُحفز النمو النباتى القوى، وزراعة الأصناف المنافسة القوية النمو. هذا.. وما أن يُغطى النمو الخضرى سطح التربة فإنه يحد كثيرًا من نمو الحشائش.

ويفيد العزيق فى التخلص من الحشائش الحولية المبكرة الإنبات طالما أُجرى وهى صغيرة وبها من ٢–٣ أوراق حقيقية. وقد يكون العزيق حينئذٍ أقل كلفة عن استخدام مبيدات الحشائش.

ومن ناحية أخرى.. فإن التوقيت المناسب — الذى يلزم لزيادة كفاءة العزيق — قد لا يتحقق فى المساحات الكبيرة أو فى الجو المطر. كذلك فإن تكرار العزيق يؤدى إلى انضغاط التربة؛ مما يقلل من تهويتها وصعوبة النمو النباتى فيها؛ فضلاً عن تكوين قلاقيل كبيرة تتسبب فى تجريح الدرنات عند الحصاد. وقد يضر العزيق المتأخر مباشرة بالنمو الخضرى والجذور؛ مما يقلل المحصول. وفى حقول إنتاج التقاوى قد يعمل العزيق على انتشار الأمراض. وفى كل الحالات.. فإن العزيق المتكرر يقلل المحصول.

ويتعين دائمًا مكافحة الحشائش حول حقول الزراعة حتى لا تنتشر فى حقل البطاطس، وحتى لا تكون مأوى للحشرات والأمراض التى تنتقل للبطاطس (Hutchinson & Eberlein ٢٠١٧).

وجدير بالذكر أن النمو الجذرى للبطاطس لا يتعمق لأكثر من ٤٥ إلى ٦٠ سم، ويوجد معظمه فى الثلاثين سنتيمترًا السطحية من التربة. ومرد ذلك إلى ضعف النمو الجذرى الذى لا يمكنه اختراق الطبقات الصلبة التى تتكون أسفل سطح التربة. تتكون تلك الطبقات — غالبًا — جراء اندماج التربة الذى يُحدثه مرور الآليات الثقيلة. ويؤثر مستوى الرطوبة فى التربة وقت حراثتها — كثيرًا — فى درجة الإندماج الذى يحدثه مرور الآليات. كذلك فإن تواجد طبقة متصلبة من كربونات الكالسيوم تحت سطح التربة (بنحو ٦٠ سم غالبًا) يحد من نمو جذور البطاطس وإن كانت لا تؤثر فى حركة الماء (King & Stark ٢٠١٢)

هذا.. ويمكن الإطلاع على تفاصيل بدائل مبيدات الحشائش فى مكافحة الحشائش فى حقول البطاطس فى Boydson (٢٠١٠).

مكافحة الحشائش بالمبيدات

إن من أهم مبيدات حشائش البطاطس، ما يلى (Hutchinson & Eberlein ٢٠١٧):

المبيد	المجموعة (والمادة الفعالة)
إبتام Eptam (EPTC)	thiocarbamate
ترفلان Treflan	(trifluralin) dinitroaniline
دوال ماجنم Dual Magnum	(s-metolachlor) chloroacetamide
دوال II ماجنم Dual II Magnum	(s-metolachlor) chloracetamide
سنكور Sencor	(metribuzin) triazine
ماتركس Matrix	(rimsulfuron) sulfonylurea
بواست Poast	(sethoxydim) cyclohexanedione

وتستعمل مبيدات الحشائش فى أى من أربعة مواعيد – حسب الحالة – كما يلى:

أولاً: مبيدات تستعمل قبل الزراعة

إن أفضل وقتٍ للمعاملة بالمبيدات لأجل التخلص من الحشائش المعمرة (مثل النجيل) هو قبل الزراعة بفترة طويلة. ويتطلب الأمر رى الحقل قبل الزراعة بعدة أسابيع؛ لتحفيز نمو الحشائش من ريزوماتها الساكنة، وإنبات البذور الموجودة فى التربة. ويستعمل المبيد الجهازى غير الاختيارى جلايفوسيت glyphosate (الاسم التجارى روند أب Round-up) – رشًا – عندما يبلغ نمو الحشائش ١٥–٢٠ سم طولاً؛ حيث تكون فى أوج نشاطها. ينتقل المبيد – حينئذٍ – بسرعة من الأوراق إلى الريزومات؛ حيث يؤدى مفعوله. ويجب تجنُّب رى الحقل لمدة ٦ ساعات بعد المعاملة.

كذلك يمكن استعمال المبيد الاختيارى 4-chloro-2-methylphenoxyacetic acid (اختصارًا: MCPA) فى التخلص من الحشائش ذات الفلقتين قبل الزراعة.

ويشترط استعماله بنفس طريقة استعمال المبيد روند أب؛ لأنه يمتص عن طريق الأوراق، ولا يعطى أقوى تأثير له إلا عندما تكون الحشائش فى أوج نشاطها.

ثانياً: مبيدات تستعمل بعد الزراعة

إن إثارة التربة أثناء إعداد الحقل للزراعة يحفز نمو بذور الحشائش بشدة، والتى يمكن القضاء عليها — بسهولة — بالمعاملة بالمبيدات بعد أيام قليلة من زراعة التقاوى (بعد ٢–٣ ريات فى الأراضى الرملية)، وقبل إنباتها. تبقى المبيدات التى ترش على سطح التربة فى السنتيمترين إلى الثلاثة سنتيمترات العلوية من التربة؛ حيث تعمل على قتل بذور الحشائش التى تبدأ فى الإنبات، ولكنها لا تتخلل التربة إلى حيث توجد الدرنات المزروعة.

ومن المبيدات التى يمكن استعمالها فى هذه المرحلة (تستعمل المعدلات العالية فى الأراضى الثقيلة)، ما يلى:

١– متوبروميرون Metobromuron (الاسم التجارى باتوران Patoran): يستعمل بمعدل ٣–٤ كجم/هكتار (١,٢٥–١,٧ كجم/فدان)، ويؤدى إلى قتل البذور النابتة، وكذلك البادرات، ولكنه قد يؤثر سلبيًّا على محصول البطاطس.

٢– لينورون Linuron (الاسم التجارى أفالون Afalon): يستعمل بمعدل ١,٢٥–٢,٥٠ كجم/هكتار (٠,٥–١,٠ كجم/فدان)، ويؤثر بصفة خاصة على الحشائش العريضة الأوراق. ويراعى أن يكون استعمال هذا المبيد قبل إنبات بذور الحشائش.

٣– مونولينورون Monolinuron (الاسم التجارى: أريسين Aresin): يستعمل بمعدل ١–٣ كجم/هكتار (٠,٤–١,٢ كجم/فدان)، ويؤثر بصفة خاصة على النجيليات. ويراعى أن يكون استعمال هذا المبيد — مثل المبيد السابق — قبل إنبات بذور الحشائش.

٤– مخلوط اللنيورون مع المونولنيورون (الاسم التجارى: أفارين Afarin): يستعمل بمعدل ١,٥–٣ كجم/هكتار (٠,٦–١,٢٥ كجم/فدان)؛ للتخلص من كل الحشائش العريضة الأوراق والنجيليات.

ثالثاً: مبيدات تستعمل قبل الإنبات

يستعمل فى هذه المرحلة مبيدات تؤثر بالملامسة، وأنسب وقت للمعاملة بها هو قبل بزوغ النبت الجديد للبطاطس مباشرة. ومن الطبيعى أن نبت البطاطس الذى يظهر قبل المعاملة بالمبيد سوف يضار منه؛ مثله فى ذلك مثل الأعشاب الضارة تمامًا؛ حيث تحترق أوراقه أو يتغير لونها، ولكن مع توفر مخزون من الغذاء فى قطعة التقاوى، فإن النمو سريعًا ما يتجدد.

وتستخدم مبيدات الملامسة هذه — غالبًا — لمكافحة الحشائش الحولية العريضة الأوراق. ومن أمثلتها: دكوات diquat (الاسم التجارى: رجلون Reglone)، والدينوسب dinoseb بتحضيراته المختلفة. ويشيع المعاملة بهذه المبيدات لأجل التخلص من الحشائش الحديثة الإنبات فى الأراضى الرملية.

رابعاً: مبيدات تستعمل بعد الإنبات

من أهم المبيدات التى تجرى المعاملة بها بعد الإنبات، وفى وجود النموات الخضرية للبطاطس، ما يلى:

١- المبيد fluazifop-p-butyl (الاسم التجارى: فيوزليد Fusilade)، وهو متخصص على النجيليات، ولا يؤثر على الحشائش العريضة الأوراق، ولا يضر بنباتات البطاطس. وللحصول على أقوى تأثير للمبيد، فإن المعاملة به تجب إجراؤها حينما يكون بالحشيشة من ٣-٥ أوراق، وعندما يكون ارتفاع نبات النجيل ٢٠ سم على الأقل. وتتراوح الجرعة المناسبة منه بين ١,٥ و ٣ لترات/هكتار (٠,٥-١,٢٥ لتر/فدان) فى كمية مناسبة من الماء تتراوح بين ٤٠٠ و ٥٠٠ لتر/هكتار (١٥٠-٢٠٠ لتر/فدان)، علمًا بأن الجرعة العالية ضرورية للتخلص من النجيل.

٢- المبيد متريبوزين metribuzine (الاسم التجارى سنكور Sencor): وهو مبيد جهازى متخصص على الحشائش العريضة الأوراق، ويستعمل بمعدل ٠,٢٥ لترًا/هكتار (حوالى ٨٠ مل/فدان)، أو نحو ٣٠٠ جم من مسحوق المبيد القابل للبلل للفدان، وعلى الرغم

من أنه المبيد الوحيد الذى يمكن استعماله فى وجود نباتات البطاطس لقتل الحشائش العريضة الأوراق، فإنه قد يُضعف نمو البطاطس لعدة أسابيع. ولا يجب استعمال هذا المبيد فى حقول البطاطس المخصصة لإنتاج التقاوى؛ لأنه قد يغير مظهر النموات الخضرية إلى الحد الذى يستحيل معه إجراء عملية التفتيش الحقلى للتأكد من نقاوة الصنف.

وإذا أمكن حماية نباتات البطاطس أثناء المعاملة بالمبيد، فإنه يمكن استعمال المبيدات المؤثرة بالملامسة (Van der Zaag ١٩٩١). ويذكر Ahmed & Kandeel (١٩٩١) أنه أمكن استعمال المبيد لنيرون linuron — بمعدل ٠,٧٥ كجم/فدان — بنجاح فى مكافحة الحشائش العريضة الأوراق فى حقول البطاطس فى المراحل المبكرة للإنبات.

ولمزيد من التفاصيل يراجع .Univ. Calif (١٩٨٦) بخصوص حشائش البطاطس، و Makepeace & Holroyd (١٩٧٨) بخصوص مكافحة الحشائش فى حقول البطاطس.

وتوصى لجنة مبيدات الآفات الزراعية (١٩١٨) بمكافحة الحشائش الحولية العريضة والضيقة الأوراق باستعمال المبيدات التالية رشًّا على نموات الحشائش قبل ظهور بادرات البطاطس: ألترا أفالون — تيتوس — داكور — رسبكت — رومترى — ريجلون — سنكور — ستاركور — سيتى كور— سينوزد — مارين النصر— ميتريت.

وتوصى اللجنة بمكافحة الحشائش الحولية العريضة الأوراق رشًّا على نموات الحشائش قبل ظهور بادرات البطاطس باستعمال المبيد إيكوبارت.

كما توصى اللجنة بمكافحة الحشائش النجيلية الحولية والمعمرة رشًّا عندما تكون الحشائش الحولية فى طور ٢–٤ ورقات أو عندما تكون الحشائش المعمرة بطول ١٠–١٥ سم باستعمال المبيدات التالية: بانتيرا — فيوزيليد فورتى — وان سايد.

وتوصى اللجنة بمكافحة حشيشة السعد باستعمال المبيدين: بروند — ريميكس.

الـــرى

إن الهدف الأساسى من إدارة عملية رى البطاطس هو تقليل التقلب الكبير فى ماء التربة، والمحافظة على الماء الأرضى الميسر للامتصاص فيما بين ٦٥٪، و٨٥٪. وأفضل

نظم الرى لتحقيق تلك الأهداف هى التى يمكن عن طريقها إجراء رى خفيف ومتجانس وعلى فترات متقاربة. ولكى يكون برنامج الرى فعَّالاً فإنه يجب أن يتضمن وسيلة كمية لتقدير مدى تيسر الماء الأرضى، وجدولة الريات تبعًا لاحتياجات المحصول المائية، وقدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة، وعمق النمو الجذرى. وتُعد البطاطس أكثر حساسية للشدِّ الرطوبى عن معظم المحاصيل الأخرى، ومجموعها الجذرى سطحى، كما أنها تُزرع — عادة — فى تربة خشنة القوام. وتُحتم تلك الظروف اتباع نظام كمى لإدارة الرى بصورة اقتصادية (King & Stark ٢٠١٢).

ويجب أن يؤخذ فى الحسبان عند رى البطاطس، ما يلى:

١- أن معظم الجذور الفعالة فى الامتصاص توجد فى الستين سنتيمترًا العلوية من التربة.

٢- يجب ألاَّ يسمح بجفاف التربة لأقل من ٦٥٪ من السعة الحقلية.

٣- الرطوبة الزائدة عن السعة الحقلية تضر كثيرًا بمحصول البطاطس وجودته.

هذا.. وتزداد الاحتياجات اليومية للبطاطس من مياه الرى خطيًّا من اكتمال الإنبات حتى بعد الحد الأقصى للنمو الخضرى بنحو أسبوعين، ثم تثبت الاحتياجات بعد ذلك حتى بداية نضج النموات الخضرية، حينما تقل الاحتياجات المائية تدريجيًّا من بداية تلك المرحلة حتى موعد قطع الرى عن المحصول.

تعد البطاطس من الخضر الحساسة للرطوبة الأرضية كما أسلفنا؛ حيث يؤدى الجفاف أو زيادة الرطوبة أو عدم انتظامها إلى إحداث أضرار كبيرة بالنباتات. ويعتبر الرى الخفيف على فترات متقاربة أفضل من الرى الغزير على فترات متباعدة؛ فيفضل دائمًا رى حقول البطاطس كلما وصلت الرطوبة فى الخمسة عشر سنتيمترات العلوية من التربة إلى ٥٠٪ من السعة الحقلية. وبينما لا يختلف ذلك عن الرى كلما وصلت الرطوبة فى هذه الطبقة إلى ٧٥٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية، فإن الانتظار لحين وصولها إلى ٢٥٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية له جوانبه السلبية على النمو، والمحصول، وصفات الجودة

(Smith ١٩٨٦). ويكون نبات البطاطس أحوج ما يكون إلى توافر الرطوبة الأرضية خلال مرحلة تكوين المدادات (السيقان الأرضية) وبداية تكوين الدرنات.

الأعماق التى تحصل منها جذور البطاطس على الرطوبة الأرضية

على الرغم من أن نبات البطاطس المتقدم فى النمو يمتص جزءًا من احتياجاته من الرطوبة من أعماق كبيرة تصل إلى ١٢٠ سم، إلا أن الجزء الأكبر من الرطوبة (حوالى ٦٠٪ من احتياجات النبات) تقوم الجذور بامتصاصه من الثلاثين سنتيمترًا العلوية من التربة. وتلك هى الطبقة التى يجب الاهتمام بزيادة محتواها من الرطوبة إلى السعة الحقلية عند كل رية. ويبين جدول (٦-١) نسبة ما تمتصه نباتات البطاطس من الرطوبة من الأعماق المختلفة فى كل من الأراضى الثقيلة والصفراء (الطميية) الرملية (عن مرسى ونور الدين ١٩٧٠).

جدول (٦-١): نسبة ما يمتصه نبات البطاطس من الرطوبة من الأعماق المختلفة.

قوام التربة	نسبة امتصاص النبات لاحتياجاته من الرطوبة من عمق (سم)			
	حتى ٣٠	٣٠-٦٠	٦٠-٩٠	٩٠-١٢٠
ثقيلة	٦٥	٢٥	٨	٢
صفراء (طميية) رملية	٥٧	٢٣	١٣	٧

الاحتياجات المائية للبطاطس

تتوقف تقديرات احتياجات البطاطس من الرطوبة الأرضية على كلٍ من معدل التبخر من سطح التربة والأسطح النباتية المبتلة بمياه الرى (فى حالة الرى بالرش)، ومدى انتشار النمو الخضرى معبرًا عنه بالنسبة المئوية من التربة المغطاة بالنمو النباتى. ويقدر النتح — الذى يتوقف على الظروف الجوية السائدة من حرارة ورطوبة نسبية — بما يعرف باسم Class –A Pan Evaporation، وهى قيمة تعطى الرمز E_0، وتقدر بمعرفة المختصين بالأرصاد الجوية. أما مدى انتشار النمو الخضرى فإنه يتوقف — كذلك — على الظروف الجوية السائدة من حرارة وإضاءة.

ويعبر عن احتياجات البطاطس من مياه الرى بقيمة تعرف باسم النتح التبخرى المتوقع أو المرتقب potential evapotranspiration، وتعطى الرمز Epot، وتقدر بالمعادلة التالية:

$$Epot = f. E_0$$

حيث أن قيمة f تتوقف على كل من معدل التبخر السطحى، والمحصول المزروع، ومدى انتشار نموه الخضرى، والمدة بين الريات (وخاصة قبل الإنبات وبعده ما بقى النمو الخضرى محدود الانتشار). إلا أن قيمة f تعتمد — قبل الإنبات — على مدى إبتلال سطح التربة فقط. وتقدر هذه القيمة لكل محصول - فى مختلف العروات الزراعية — بمعرفة المختصين. فمثلاً... تراوحت قيمة f المقدرة للبطاطس فى المملكة العربية السعودية بين ٠,٣ و ٠,٨ فى العروة الصيفية، وبين ٠,٥ و٠,٧ فى العروة الخريفية (جدول ٦-٢، عن Van der Zaag ١٩٩١).

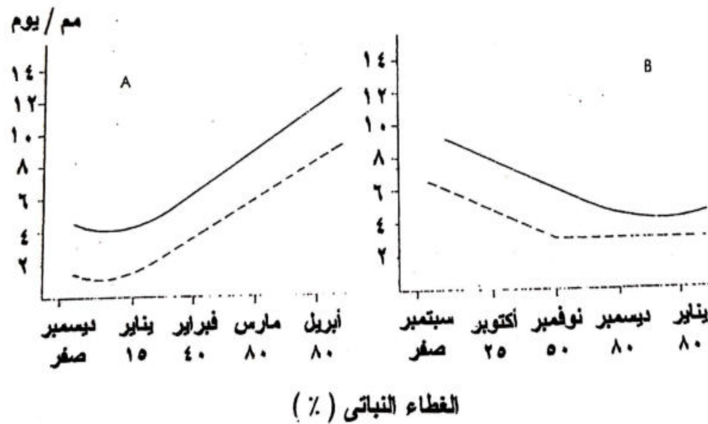
جدول (٦-٢): قيمة f المقدرة للبطاطس فى العروتين الصيفية والخريفية فى المملكة العربية السعودية.

العروة	الشهر	الغطاء النباتى (٪)	f
الصيفية	ديسمبر	صفر	٠,٣
	يناير	١٠	٠,٤
	فبراير	٤٠	٠,٦
	مارس	٨٠	٠,٨
	أبريل	٨٠	٠,٨
الخريفية	سبتمبر	صفر	٠,٥
	أكتوبر	٢٥	٠,٥
	نوفمبر	٥٠	٠,٥
	ديسمبر	٨٠	٠,٧
	يناير	٨٠	٠,٧

يمثل النتح التبخرى evapotranspiration مجموع الماء الذى يستخدمه النبات فى كل من النتح والفقد نتيجة البخر من أسطح النبات والتربة. ويتباين النتح التبخرى تبعًا لظروف الأرصاد الجوية، ودرجة ابتلال أسطح النبات والتربة، وطراز النمو النباتى، ومحتوى التربة

الرطوبى، ودليل المساحة الورقية LAI. وتشمل دلائل الأرصاد الجوية المؤثرة فى النتح التبخرى الإشعاع الشمسى، والرطوبة النسبية، وحرارة الهواء المحيط، وسرعة الرياح، وهى أمور تتباين كثيرًا من يوم لآخر، وكذلك من عام لآخر (King & Stark ٢٠١٢).

وبناءً على ما تقدم بيانه، فإن كمية المياه التى تلزم لرى البطاطس يوميًّا تتراوح بين ملليمتر واحد، و١٣ مم للهكتار (١٠–١٣٠ م٣ للهكتار أو نحو ٤,٢٥–٥٥ م٣ للفدان) فى العروة الصيفية، وبين ٣ و ٩ مم للهكتار (٣٠–٩٠ م٣ للهكتار أو نحو ١٢,٥–٣٧,٥ م٣ للفدان) فى العروة الخريفية فى منطقة عنيزة بالمملكة العربية السعودية (شكل ٦–٣).



شكل (٦–٣): تقديرات الاحتياجات المائية اليومية (ـــ) لحقول جيدة النمو من البطاطس فى العروة الربيعية (A)، والخريفية (B)، ومتوسط التبخر السطحى Class-A Pan Evaporation (ـــ) فى منطقة عنيزة بالمملكة العربية السعودية.

وقد قدرت الاحتياجات الكلية من مياه الرى لمحصول البطاطس فى تلك المنطقة — بناءً على ما تقدم بيانه بنحو ٦١٠ مم/هكتار (حوالى ٢٥٠٠ م٣ للفدان) فى العروة الربيعية، ونحو ٤٧٥ مم/هكتار (حوالى ٢٠٠٠ م٣ للفدان) فى العروة الخريفية. ويرجع الفرق الكبير فى الاحتياجات المائية بين العروتين إلى الزيادة الكبيرة التى تطرأ على النتح التبخرى فى النصف الثانى من حياة النبات فى العروة الربيعية (مارس وأبريل)؛ مقارنة بما يكون عليه الحال فى مرحلة النمو ذاتها فى العروة الخريفية (نوفمبر — يناير).

وبالمقارنة.. فقد قدرت الاحتياجات المائية البطاطس فى مصر بنحو ٥٦٥ مم/هكتار (حوالى ٢٣٥٠ م^{3} للفدان) فى العروة الربيعية، و٣٤٠ مم/هكتار (حوالى ١٤٠٠ م^{3} للفدان) فى العروة الخريفية، بينما بلغت تقديرات الاحتياجات المائية للبطاطس فى هولندا بنحو ٢٥٠–٣٥٠ مم/هكتار (حوالى ١٠٠٠–١٤٥٠ م^{3} للفدان). ويقابل هذا التناقص الملحوظ فى الاحتياجات المائية المقدرة للبطاطس فى كل من المملكة العربية السعودية، ومصر، وهولندا — على التوالى — إلى تناقص مواز فى النتح التبخرى المقدر للمحصول فى كل دولة منها.

ويُعبر عن محتوى التربة الرطوبى — غالبًا — كنسبة مئوية، إما على أساس الوزن، وإما على أساس الحجم، ويلزم التحويل بينهما عند الضرورة؛ الأمر الذى يتطلب معرفة الكثافة الظاهرية bulk density، وهى وزن كتلة التربة الجافة لكل وحدة حجم. فمثلاً.. إذا كان محتوى التربة الرطوبى على أساس الحجم لتربة ذات كثافة ظاهرية ١,٣٧ جم/سم^{3} هو ٣٢٪، فإن محتواها الرطوبى على أساس الوزن يكون ٢٣,٤٪ (٣٢ ÷ ١,٣٧ = ٢٣,٤). ويكون من المفضل قياس المحتوى الرطوبى للتربة على أساس الحجم لأجل إدارة عملية الرى؛ ذلك لعدم الحاجة إلى معرفة الكثافة الظاهرية للتربة (King & Stark ٢٠١٢).

تأثير الرطوبة الأرضية على نمو وتطور البطاطس

تأثير نقص الرطوبة الأرضية

يؤدى تعرض نباتات البطاطس إلى نقص شديد فى الرطوبة الأرضية إلى ضعف نموها، وتصبح الوريقات صغيرة، وضيقة، وملعقية الشكل، وتتلون باللون الأخضر القاتم، ويقل المحصول. فمثلاً.. أدى نقص الرطوبة الأرضية إلى نقص معدل نمو أوراق البطاطس؛ ومن ثم نقص مساحتها النهائية (Jefferies ١٩٩٣)، كما أدت ظروف الجفاف إلى نقص كل من معدل نمو المجموع الخضرى للنبات، والحد الأقصى لدليل مساحة الورقة Leaf area Index (Jefferies & Mackerron ١٩٩٣).

وقد بلغ التأثير السلبى لنقص الرطوبة الأرضية على النمو الخضرى لنبات البطاطس – متمثلاً فى طول النبات – حده الأقصى حينما كان النقص فى الرطوبة خلال المراحل الأولى للنمو النباتى بين بزوغ النباتات والإزهار، بينما لم يكن لنقص الرطوبة الأرضية تأثير يذكر عندما حدث قبل الإنبات (Zrust ١٩٩٥).

كذلك يزداد التأثير السلبى لنقص الرطوبة الأرضية على محصول الدرنات إذا حدث النقص فى بداية موسم النمو، أو فى منتصفه عما لو حدث فى نهايته (Lynch وآخرون ١٩٩٥).

وقد صاحب نقص الرطوبة الأرضية بمقدار ٢٠٪، أو ٥٠٪، أو ٧٠٪ من السعة الحقلية تأخير متزايد فى نمو وتطور نبات البطاطس، مع زيادة تدريجية فى مقاومة الثغور، ونقص تدريجى فى معدل البناء الضوئى. ووجد ارتباط شديد موجب بين المحصول ومعدل البناء الضوئى، وآخر سالب بين المحصول ومقاومة الثغور؛ الأمر الذى يمكن معه الاستدلال على مستوى الرطوبة الأرضية من أى من تلك الصفتين (Steyn وآخرون ١٩٩٢أ). وقد أعطت المعاملة الأولى (الرى كلما استنفذ ٢٠٪ من الماء الميسر للنبات) أعلى محصول كلى، بينما أعطت المعاملة الثانية (الرى كلما استنفذ ٥٠٪ من الماء الميسر للنبات) أعلى كفاءة استخدام لمياه الرى، وأعطت المعاملة الأخيرة (الرى كلما استنفذ ٧٠٪ من الماء الميسر للنبات) أقل محصول كلى، وأعلى نسبة من الدرنات الصغيرة، ولكن مع أقل نسبة سكريات مختزلة فى الدرنات، وأفضل لون للشبس المصنعة منها (Steyn وآخرون ١٩٩٢ب).

وقد وجد أن النقص الشديد فى الرطوبة الأرضية يتسبب فيما يلى:

١- ضعف النمو الخضرى.

٢- قلة عدد الأوراق.

٣- كثرة عدد الأوراق التى تدخل مبكرًا فى مرحلة الشيخوخة.

٤- ضعف كفاءة استعمال الطاقة الشمسية

٥- تكوين درنات صغيرة مشوهة يقل محتواها الرطوبى.

٦- ظهور نموات ثانوية فى الدرنات.

٧- ظهور تشققات نمو بالدرنات.

٨- زيادة نسبة عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم بالدرنات.

٩- نقص المحصول.

هذا.. وتوجد اختلافات صنفية فى مدى الحساسية لظروف الجفاف (Van der Mescht & Rossouw ١٩٩٨).

وترجع حساسية البطاطس للشدِّ الرطوبى إلى سطحية نموها الجذرى، وللاستجابات الفسيولوجية المتشابكة للنقص المعتدل فى الرطوبة الأرضية. وأول تلك الاستجابات انغلاق الثغور بالأوراق، وما يتبعه من قلة النتح (الذى يعمل على تبريد الأوراق ويجعل حرارتها أقل من حرارة الهواء)، وما يتبع ذلك من ارتفاع فى حرارة النمو الخضرى. كذلك يقلل انغلاق الثغور من نفاذ ثانى أكسيد الكربون إليها، مما يحد من عملية البناء الضوئى وإنتاج النشا والسكريات.

ومن أول الاستجابات للنقص المائى فى النبات الحد من نمو الأوراق والسيقان والدرنات. يحدث ذلك لأن نقص الماء فى النبات يُخَفِّض من الضغط المائى فى الخلايا (ضغط الامتلاء turgor pressure) الضرورى للزيادة فى الحجم والنمو. ويحد النقص فى النمو الخضرى من البناء الضوئى الكلى، بينما يقلل النمو الجذرى المتوقف من قدرة النبات على امتصاص الماء والعناصر. كذلك يوقف النقص الرطوبى النمو الدرنى الطبيعى ويوقف نموها. ومع توقف النقص فى الرطوبة الأرضية تعاود الدرنات نموها، لكن الخلل الذى يحدثه النقص الرطوبى فى النمو الدرنى قد يكون سببًا — عند معاودة النمو — فى إحداث تشوهات فى الدرنات، مثل تكوين الدرنات ذات النهايات المدببة pointed ends، والدمبل dumb-bell، وعنق الزجاجة bottlenecks، والعقد knobs. وتزداد تلك التشوهات مع زيادة التقلبات فى الرطوبة الأرضية، وتزداد معها تشققات النمو growth cracks.

وتكون البطاطس حساسة للشد الرطوبى — خاصة — خلال مرحلتى تنشئة الدرنات ونموها، حيث يؤدى الشدِّ حينئذٍ إلى زيادة نسبة الدرنات غير المنتظمة النمو، كذلك يؤدى النقص المبكر فى الرطوبة الأرضية إلى خفض الكثافة النوعية للدرنات وزيادة الدرنات ذات النهايات التى يكون بها شفانية (translucent ends).

ويؤثر نقص الرطوبة الأرضية خلال مرحلة زيادة الدرنات فى الحجم على كمية المحصول المنتج أكثر من تأثيره على نوعيته. ويتطلب إنتاج محصول عالٍ وجود مساحة ورقية كبيرة نشطة فى البناء الضوئى لتأمين إمدادات الغذاء لفترة طويلة. ويتطلب توفر تلك المساحة الورقية استمرار تكوين أوراق جديدة لتحل محل المسنة التى تكون أقل كفاءة. ويُسرع الشد الرطوبى من شيخوخة الأوراق كما يحد من تكوين أوراق جديدة؛ مما يؤدى إلى الحد من زيادة الدرنات فى الحجم.

وتؤثر الرطوبة الأرضية وقت الحصاد جوهريًّا فى الأضرار الميكانيكية التى تحدث بالدرنات عند حصادها. ونجد أن الفقد الرطوبى بالدرنات ذاتها عند الحصاد — الذى يحدث جراء النقص فى الرطوبة الأرضية — تزيد معه خدوش البقع السوداء. هذا بينما تكون الدرنات الممتلئة كثيرًا – جراء زيادة الرطوبة الأرضية وقت الحصاد — أكثر عرضة للإصابة بخدوش التحطم shutter bruise وتشققات ظفر الإبهام thumbnail cracking (عن King & Stark ٢٠١٢).

هذا.. إلا أن التجفيف الجزئى للتربة فى محيط جذور البطاطس فى بداية موسم النمو — وليس على امتداد الموسم — أدى إلى زيادة محصول الدرنات (Xu وآخرون ٢٠١١).

وتفيد بعض المعاملات فى تخفيف الآثار الضارة لنقص الرطوبة الأرضية؛ فمثلاً.. وجد أن معاملة نباتات البطاطس بمضادات النتح antitranspirants تؤدى إلى زيادة احتفاظ التربة برطوبتها، وإمكان إطالة الفترة بين الريات، دون أن تتعرض النباتات للعطش. وقد أدت المعاملة بمضادات النتح قبل إزالة النموات الخضرية (وهى عملية تسبق الحصاد بثلاثة أسابيع أو خمسة أسابيع إلى زيادة حجم الدرنات والمحصول

الكلى. وقد صاحب هذه المعاملات نقص امتصاص النباتات للماء بنسبة ٤٧٪، دون أن يؤثر ذلك جوهريًّا على النمو النباتى (عن Lipe وآخرين ١٩٨٢).

كذلك وجد Pavlista (١٩٩٥) أن رش نباتات البطاطس بمضاد النتح البارافينى فوليكوت folicote بتركيز ٤٪ بمعدل ٤٧٤ لترًا للهكتار (حوالى ٢٠٠ لتر للفدان) أدى إلى خفض الفقد الرطوبى، والاحتياجات المائية اليومية للنباتات، مع زيادة الدرنات التى يتراوح قطرها بين ٥٧ ملليمترًا، و٨٨ ملليمترًا بنسبة ١٠٪ إلى ٣١٪، ونقص نسبة الدرنات المصابة بالقلب الأجوف فى الحجم الكبير الذى تزيد قطر درناته على ٨٨ ملليمترًا، بينما لم تكن للمعاملة أية تأثيرات على الكثافة النوعية للدرنات، أو لون الشبس المصنع منها، أو التلون الوعائى فيها.

تأثير زيادة الرطوبة الأرضية

لا تتحمل البطاطس زيادة الرطوبة الأرضية بعد زراعة التقاوى مباشرة، خاصة عندما تكون درجة الحرارة مرتفعة لأن ذلك يؤدى إلى تعفن التقاوى. وتزداد مقدرة التقاوى على تحمل تشبع التربة بالرطوبة بانخفاض درجة الحرارة (Jackson ١٩٦٢). وبالإضافة إلى ما تقدم.. فإن زيادة الرطوبة الأرضية أثناء نمو وتكوين الدرنات تؤدى إلى نقص الكثافة النوعية للدرنات، وظهور نسيجٍ أبيض واضح غير مرغوب فيه فى موقع العديسات؛ ولذا من الضرورى تجنب الرى الغزير فى نهاية موسم النمو إلا إذا كان الغرض من ذلك هو خفض درجة حرارة التربة فى الجو الحار.

وقد وجد أن الإفراط فى الرى — وبخاصة فى النصف الثانى من حياة النبات — أدى إلى نقص الكثافة النوعية للدرنات، وزيادة معدلات إصابتها بكلٍ من القلب الأجوف، والتبقع البنى الداخلى Internal Brown Spot (Silva وآخرون ١٩٩١)، مع ضعف النمو الجذرى وانخفاض كلٍ من تركيز النترات فى أعناق الأوراق، ومحصول درنات الدرجة الأولى، والمحصول الكلى (Stark وآخرون ١٩٩٣).

هذا إلا أن نباتات البطاطس تزداد استجابتها للأسمدة الآزوتية المستعملة بزيادة توفر الرطوبة الأرضية للنبات (Bailey & Groves ١٩٩٢).

يتأثر محصول وجودة درنات البطاطس بزيادة الرطوبة الأرضية كثيرًا فى التربة، جراء كثرة الرى أو كثرة هطول المطر خلال أى مرحلة من مراحل النمو؛ حيث يؤدى ذلك إلى غسيل النيتروجين وانتقاله إلى عمق كبير تحت منطقة النمو الجذرى؛ الأمر إلى يؤدى إلى ظهور أعراض نقص النيتروجين، وتقليل كفاءة استخدام الأسمدة، وزيادة المشاكل فى الماء الأرضى. ويؤدى تشبع التربة بالماء فى منطقة النمو الجذرى لأكثر من ٨-١٢ ساعة إلى الإضرار بالنمو الجذرى بسبب نقص الأكسجين اللازم للتنفس. كذلك تؤدى زيادة الرطوبة الأرضية وقت الزراعة إلى تعفن قطعة التقاوى، وتأخير الإنبات بسبب ما تحدثه زيادة الرطوبة الأرضية من خفض لحرارة التربة. أما زيادة الرطوبة الأرضية أثناء النمو الخضرى وتنشئة الدرنات فإنه يزداد معها الإصابة بحالات القلب البنى والقلب الأجوف. كذلك يكون لزيادة الرطوبة الأرضية تأثير سلبى على جودة الدرنات وصلاحيتها للتخزين (King & Stark ٢٠١٢).

ويمكن إرجاع الانخفاض فى المحصول الذى يُرافق الإفراط فى الرى إلى سوء تهوية التربة، وزيادة المشاكل المرضية، وغسيل النيتروجين من الطبقة السطحية التى توجد فيها الجذور. وتؤدى كفاءة إدارة الرى إلى زيادة المحصول الصالح للتسويق، مع خفض تكاليف الإنتاج بترشيد استهلاك الماء والطاقة والسماد الآزوتى، ومع تقليل احتمالات تلوث الماء الأرضى.

تأثير عدم انتظام الرطوبة الأرضية

يؤدى عدم انتظام الرطوبة الأرضية وقت تكون الدرنات إلى إحداث تشوهات كثيرة بها (Ruf ١٩٦٤). ويرجع ذلك إلى أن نمو الدرنات يقل بدرجة كبيرة فى الفترات التى تنخفض فيها الرطوبة الأرضية، وتبدأ خلاياها فى النضج، فإذا ما ارتفعت الرطوبة الأرضية فجأةً، فإن تشققات النمو growth cracks تتكون نتيجة لعدم قدرة الخلايا الخارجية التى بدأت فى النضج على النمو لاستيعاب الزيادة التى تطرأ على حجم الدرنة نتيجة لسرعة نمو خلايا الأنسجة الداخلية التى تنشط فجأة مع ارتفاع الرطوبة الأرضية، كذلك فإن جفاف

التربة مع ارتفاع درجة الحرارة يؤدى أحيانًا إلى كسر سكون الدرنات الجديدة المتكونة، فتبدأ فى التزريع فى التربة، فإذا ما ارتفعت الرطوبة الأرضية فجأة، فإن هذه الدرنات تعطى نموات ثانوية secondary growth على إحدى الصور التالية:

١- درنات متدرنة knobby tubers.

٢- درنات مزدوجة double tubers تفصل بين جزئيها ساق أرضية قصيرة.

٣- سلسلة من الدرنات المتصلة chain of tubers تصل بين أجزائها سيقان أرضية قصيرة.

أهمية المحافظة على الرطوبة الأرضية المثلى

تجب المحافظة على المحتوى الرطوبى الميسر للامتصاص فى التربة حتى عمق ٤٥ سم — وهو العمق الذى يصل إليه معظم النمو الجذرى — أعلى عن ٦٥٪ لتجنب أى فقد فى المحصول أو الجودة، ويفضل أن تتراوح ما بين ٦٥٪، و٨٥٪ خلال فترة النمو النشط. وعمليًّا.. تتقلب الرطوبة الأرضية الميسرة للامتصاص أعلى وأقل من تلك الحدود لفترات قصيرة قبل الرى وبعده مباشرة، وخاصة فى حالتى الرى بالغمر وبالرش النقَّال. هذا بينما تسمح طرق الرى بالتنقيط والرى المحورى والرى بالرش المتحرك طوليًّا linear-move sprinkler system بإعطاء ريات خفيفة متقاربة.

ومن ناحية أخرى .. فإن الرطوبة المثلى للتربة عند الزراعة يجب أن تتراوح ما بين ٧٠٪، و٨٠٪ لأجل الإنبات الجيد والنمو المبكر. وتؤدى الرطوبة الزائدة فى التربة إلى خفض حرارتها وتأخير الإنبات، وتزداد مع ذلك أعفان درنات التقاوى وسرعة شيخوختها الفسيولوجية؛ مما يزيد من عدد السيقان التى تنمو منها وعدد الدرنات التى تتكون مع صغر حجمها.

أما التربة الشديدة الجفاف فإنها يجب أن تروى قبل الزراعة فيها لأجل تجنب أعفان درنات التقاوى إذا احتاج الأمر إلى رى الحقل فيما بين الزراعة والإنبات.

وفى المراحل المتأخرة من النمو تدخل النباتات فى الشيخوخة، وتنخفض بوضوح حاجة المحصول للرطوبة. وبذا.. يلزم الاحتياط لتجنب الرطوبة الزائدة بالتربة خلال تلك الفترة لكى لا تتكون بالدرنات عديسات كبيرة تُشكل منفذًا لبكتيريا العفن الطرى. كذلك تزداد الإصابة بالجذر الوردى ورشح البثيم Pythium leak بزيادة الرطوبة الأرضية فى نهاية موسم النمو.

ويجب أن ينخفض المحتوى الرطوبى الميسر للإمتصاص إلى نحو ٦٠٪–٦٥٪ وقت شتل النموات الخضرية لتوفير الظروف المثلى لتحفيز ثبات الجلد وتكوين الشبك. ويؤدى انخفاض الرطوبة الأرضية عند الحصاد عن تلك الحدود إلى زيادة احتمالات تغير لون الطرف الساقى stem-end للدرنات.

هذا.. وتزيد فرصة أن تكون الدرنات فاقدة لبعض رطوبتها dehydrate إذا انخفضت رطوبة التربة عند الحصاد عن ٦٠٪، ويزيد ذلك من فرصة إصابتها ببقع الجروح السوداء black spot bruise. وفى تلك الظروف يتعين رى الحقل قبل أسبوع من الحصاد لإعادة اكتساب الدرنات لرطوبتها. وإذا كانت رطوبة التربة عند ٦٠٪ خلال نضج الدرنات فإنه يمكن رى الحقل قبل الحصاد بنحو يومين أو ثلاثة أيام. وفى المقابل.. يجب عدم زيادة رطوبة التربة عند الحصاد لكى لا تزداد التفلقات السطحية، وأعفان التخزين، ولكى لا تزداد صعوبة تنظيف الدرنات من التربة (King & Stark ٢٠١٢).

إدارة الرى فى حالة عدم كفاية مصادر المياه

إن أقل مراحل نمو البطاطس حساسية للشدِّ الرطوبى هى أثناء النمو الخضرى المبكر وفى مرحلة النمو المتأخر؛ لذا.. يجب تخصيص الجانب الأكبر من ماء الرى المتاح خلال الفترة من تنشئة الدرنات إلى منتصف مرحلة ازدياد الدرنات فى الحجم. كذلك تجب زراعة الأصناف الأقل احتياجًا للرطوبة والأقل حساسية للشدِّ الرطوبى (King & Stark ٢٠١٢).

طرق ومعدلات الرى

أولاً: فى الأراضى الثقيلة

لا تروى حقول البطاطس — عادة — فى الأراضى الثقيلة قبل الإنبات، باستثناء حالات الزراعة وقت ارتفاع الحرارة — كما هى الحال فى العروة الخريفية فى مصر — حيث يروى الحقل رية خفيفة قبل الإنبات؛ بحيث تصل الرطوبة إلى قطعة التقاوى بالنشع. أما أثناء النمو، فتروى البطاطس فى الأراضى الثقيلة من ٦–١١ مرة. ويتوقف ذلك على درجة الحرارة السائدة؛ حيث يقل عدد الريات مع انخفاض درجة الحرارة. وتتراوح الفترة بين الريات من ٧–١٢ يومًا حسب درجة الحرارة السائدة. وتقل الفترة بين الريات إلى يوم أو يومين فى حالة الرى بالتنقيط فى الأراضى الرملية.

ثانيًا: فى الأراضى الصحراوية

يمكن إنتاج البطاطس فى الأراضى الصحراوية بأى من نظم الرى الثلاثة: بالغمر، أو بالرش أو بالتنقيط، ولكن أنسب نظام للرى هو الرى بالتنقيط؛ حيث تعطى البطاطس محصولاً عاليًا يمكن أن يصل إلى ٢٠–٢٢ طنًّا للفدان. كذلك تزرع البطاطس بنجاح تحت نظام الرى بالرش، إلا أنها تعطى محصولاً أقل مما فى حالة الرى بالتنقيط.

ويحتاج تنظيم رى حقول البطاطس فى الأراضى الصحراوية إلى مراقبة دقيقة للحقل، ومرحلة النمو النباتى؛ والظروف البيئية السائدة. ومن القواعد العامة التى يمكن الاسترشاد بها فى هذا الشأن ما يلى:

١– فى حالة اتباع الرى بالغمر:

يجرى الرى بعد الزراعة مباشرة، ولا يكرر الرى — قبل الإنبات — إلا كلما انخفضت الرطوبة الأرضية كثيرًا، ولكن لا يترك الحقل دون رى لحين جفاف التربة تمامًا. والأفضل تكرار الرى كلما وصلت الرطوبة فى الخمسة عشر سنتيمترًا العلوية من التربة إلى ٢٥٪ من السعة الحقلية، أما بعد الإنبات.. فيتراوح معدل الرى بين مرة واحدة أسبوعيًّا فى الجو البارد شتاءً، ومرتين فى الجو الحار صيفًا.

٢- فى حالة اتباع نظام الرى بالرش:

يفضل رى الحقل أولاً، ثم الانتظار لحين وصول الرطوبة الأرضية إلى نحو ٢٥٪ من السعة الحقلية — أى الانتظار لحين قرب جفاف التربة — ثم تجرى الزراعة، ويروى الحقل بعد ذلك مباشرةً، ولا يكرر الرى — قبل الإنبات — إلا كلما انخفضت الرطوبة فى الخمسة عشر سنتيمترًا العلوية من التربة إلى ٢٥٪ من السعة الحقلية. أما بعد الإنبات.. فيتراوح معدل الرى بين مرة كل يومين فى الجو الحار صيفًا إلى مرة كل ٥-٧ أيام فى الجو البارد شتاءً.

٣- فى حالة اتباع نظام الرى بالتنقيط:

يتم تشغيل شبكة الرى لعدة ساعات فى اليوم السابق للزراعة، ثم يروى الحقل بعد الزراعة. وإلى أن يتم إنبات الدرنات.. يكون الرى خفيفًا جدًّا كلما دعت الضرورة، مع عدم السماح بجفاف الطبقة السطحية من التربة أو زيادة رطوبتها بصفة دائمة. أما بعد الإنبات.. فإن معدل الرى يتراوح بين مرة كل يومين فى الجو البارد ومرة أو مرتين يوميًّا فى الجو الحار. ويفضل أن تكون الرية الرئيسية — التى تضاف معها الأسمدة — فى الصباح الباكر، بينما تعطى الرية الثانية فى المساء، يتراوح معدل الرى عادة بين ٢٠ م^{٣} — ٢٥ م^{٣} للفدان يوميًّا (فى الجو الحار) إلى نحو نصف هذه الكمية (فى الجو البارد). ويفضل أن يكون توزيع مياه الرى بين ريتى الصباح والمساء بنسبة ٢-٢,٥ : ١، على التوالى، على ألاّ تزيد مدة رية الصباح على ساعة ونصف الساعة، حتى لا تغسل الأسمدة المضافة بعيدًا عن منطقة الجذور.

المفاضلة بين طرق الرى التى تناسب البطاطس

باعتبار الطبيعة الحساسة للرطوبة وسطحية المجموع الجذرى للبطاطس، فإن ريها يناسبه نظم الرى التى تعطى رى خفيف متجانس ومتكرر. وبأخذ تلك الأسس فى الحسبان، فإن مناسبة نظم الرى المختلفة للبطاطس تتدرج من الأفضل إلى الأقل مناسبة على النحو التالى: التنقيط، ثم الـ solid-set (النقالى)، ثم المتحرك طوليًّا -linear

move، ثم المحورى، ثم المتحرك جانبيًّا على عجل side roll، ثم بالغمر. وعمليًّا يتحكم العامل الاقتصادى فى اختيار نظام الرى، كما يتحكم فى الاختيار توافق نظام الرى مع كل من نوع التربة، والدورة الزراعية، والمعاملات الزراعية. أما الرى بالتنقيط تحت السطحى فإنه مكلف ولا يتوافق مع المعاملات الزراعية للبطاطس.

وتتباين نظم الرى فى كفاءة الاستفادة من ماء الرى، كما يلى (King & Stark ٢٠١٢):

نظام الرى	الكفاءة (٪)
التنقيط	٩٠–٩٥
الرش فى خط طولى متحرك	٨٠–٨٧
المحورى تحت ضغط منخفض	٧٥–٨٠
المحورى تحت ضغط عال	٦٥–٨٠
الرش بالـ solid set	٦٠–٨٥
الرش بالـ set-move	٦٠–٧٥
الغمر عن طريق خطوط الزراعة	٣٥–٦٥

هذا.. وفى حالة الرى بالغمر فإنه لا يوجد أى تجانس فى الرطوبة الأرضية فى الحقل؛ حيث تصل بدايات قنوات الرى كميات أكثر بكثير من مياه الرى عما يصل نهاياتها. ويؤثر ذلك التباين فى محصول البطاطس كمًّا ونوعًا. كذلك يتبع التباين فى الرطوبة الأرضية تباين مقابل فى فقد النيتروجين بالرشح، وفى ظهور أعراض نقص العنصر (King & Stark ٢٠١٢).

مصادر إضافية

يمكن الاطلاع على تفاصيل الإدارة المثلى لممارسات رى البطاطس فى Shock وآخرين (٢٠٠٧).

ولمزيد من التفاصيل عن تأثير الرطوبة الأرضية على نبات البطاطس.. يراجع Harris (١٩٧٨).

التسميد

تعتبر البطاطس من محاصيل الخضر التى تسمد تسميدًا غزيرًا؛ لأنها تستجيب للتسميد، وتعطى عائدًا اقتصاديًّا مجزيًا، ولأنها من المحاصيل المجهدة للتربة. وتتطلب الأصناف المتأخرة كميات من الأسمدة أكبر من تلك التى تُعطاها الأصناف المبكرة؛ نظرًا لزيادة فترة نموها وزيادة محصولها.

العناصر الضرورية للنبات وأهميتها

النيتروجين

يعتبر التسميد الآزوتى المعتدل ضروريًّا للحصول على أفضل نموٍّ وأعلى محصولٍ. وتزداد الحاجة إلى التسميد الآزوتى المبكر فى الأصناف المبكرة عنه فى الأصناف المتأخرة لتشجيع النمو الخضرى فى الأصناف المبكرة قبل أن تبدأ فى تكوين الدرنات.

ويؤدى نقص النيتروجين إلى ضعف النمو الخضرى، وبهتان لون الأوراق، كما تصبح الأوراق متصلبة وتتجه إلى أعلى، وتنضج النباتات مبكرًا، ويكون محصولها منخفضًا.

وقد وجد Westermann وآخرون (١٩٩٤أ) أن محتوى النترات فى أعناق الأوراق يرتبط إيجابيًا بالمحصول، وسلبيًّا بالكثافة النوعية للدرنات.

هذا .. بينما يؤدى الإفراط فى التسميد الآزوتى إلى ما يلى:

١–تأخير وضع الدرنات.

٢– زيادة قابلية النبات للإصابة بالندوة المتاخرة.

٣–زيادة محتوى الدرنات من الرطوبة؛ مما يقلل من قدرتها التخزينية.

٤– زيادة حساسية الدرنات للتسلخ وللأضرار الميكانيكية والفسيولوجية عند الحصاد وبعده.

٥- انخفاض نسبة النشا فى الدرنات، ونقص كثافتها النوعية، ونقص المحصول (Leep وآخرون ٢٠١٧).

وتعتبر البطاطس حساسة للتركيزات العالية من الأمونيوم والنيتريت nitrite؛ ولذا.. لا يجوز التسميد بكميات كبيرة من اليوريا، أو إضافتها نثرًا على سطح التربة.

الفوسفور

يحفز الفوسفور النمو الخضرى للبطاطس، والانقسام الخلوى بالجذور، ووضع الدرنات، وتمثيل النشا. ويعد توفر الفوسفور بالقدر الكافى أمرًا ضروريًّا لإنتاج اعلى محصول من الدرنات، مع زيادة محتواها من المواد الصلبة، وارتفاع قيمتها الغذائية، والمقاومة لبعض الأمراض. وحتى فى الأراضى الغنية بالفوسفور فإن إنتاج أعلى محصول يتطلب التسميد بما يزيد عن ١٥٠ كجم K_2O للهكتار (٦٣ كجم/ فدان) (Rosen وآخرون ٢٠١٤).

ومن أبرز أعراض نقص الفوسفور التفاف أعناق الأوراق، والوريقات وحوافها إلى أعلى، وصغر حجم الوريقات، مع اكتسابها لونًا داكنًا عن اللون الأخضر العادى، وصلابة النبات بصورةٍ عامةٍ. كذلك قد تظهر بقع صدئة متناثرة داخلية فى درنات النباتات التى تعانى من نقص العنصر (Houghland ١٩٦٤). وقد وجد McArthur & Knowles (١٩٩٣) أن نمو البطاطس فى وجود تركيزات منخفضة من الفوسفور — صفر أو ٠,٥ مللى مولارًا — أدى إلى ظهور أعراض نقص العنصر بعد ٢٨، و٨٤ يومًا من الزراعة فى المستويين — على التوالى — مقارنةً بالنباتات التى نمت فى وجود تركيز عالٍ (٢,٥ مللى مولارًا) من العنصر. كما أدى التسميد بالمعدلات المنخفضة من العنصر إلى نقص معدل النمو النسبى للنباتات، مع نقص وزنها الجاف — بعد ٨٤ يومًا من الزراعة — بنسبة ٦٥٪ و٤٥٪، ونقص محتواها الكلى من الفوسفور بنسبة ٧٦٪ و٥٥٪ فى المستويين المنخفضين — على التوالى — مقارنةً بالمستوى المرتفع.

هذا .. إلا أن المغالاة فى التسميد بالفوسفور تؤدى إلى ما يلى:

١- ظهور أعراض نقص الزنك: يحدث ذلك عند زيادة نسبة الفوسفور إلى الزنك فى النبات عن ١ : ٤٠٠. وتعالج هذه الحالة بالتسميد بسلفات الزنك بمعدل ١٥ كجم للفدان.

٢- نقص الكثافة النوعية للدرنات عندما تكون الزيادة فى معدلات التسميد الفوسفاتى أكبر بكثيرٍ مما ينبغى.

البوتاسيوم

يعتبر التسميد البوتاسى المعتدل — كذلك — ضروريًّا للنمو الجيد؛ فهو عنصر ضرورى لزيادة حجم الدرنات. وتختلف الأصناف فى حساسيتها لنقص البوتاسيوم، وأكثرها حساسية الأصناف المبكرة والسريعة النمو.

ومن أهم مظاهر نقص البوتاسيوم بطء نمو النباتات التى تبدو مندمجةً، كما تبدو الأوراق أقل حجمًا لأن وريقاتها تكون أكثر قربًا من بعضها البعض عما فى النباتات التى لا تعانى من نقص العنصر. كذلك تشكل الوريقات زوايا حادةً مع عنق الورقة المركبة، وتصبح مجعدةً، وتلتف إلى أسفل. وفى البداية يكون لون النمو الخضرى أخضر قاتماً، ولكن سريعًا ما تبدأ الأوراق السفلى للنبات فى الاصفرار وتكتسب لونًا برونزيًّا، مع بداية التغير من قمة وحواف الوريقات، وتقدمه تدريجيًّا نحو الداخل، إلى أن تتأثر الورقة كلها وتموت فى نهاية الأمر. ومع استمرار نقص العنصر يتقدم ظهور الأعراض باتجاه الأوراق العليا للنبات، التى تبقى مجموعة منها غالبًا خضراء عادية المظهر فى قمة النبات، إلى أن يموت النبات كله.

ومن الأعراض الأخرى المميزة لنقص البوتاسيوم ظهور بقعٍ متناثرةٍ متغير اللون على السيقان وأعناق الأوراق، وقصر السيقان الأرضية stolons، وضعف النمو الجذرى والدرنى (Houghland ١٩٦٤).

هذا .. إلا أن المغالاة فى التسميد البوتاسى تؤدى إلى ما يلى:

١- زيادة امتصاص عنصر البوتاسيوم، ويكون ذلك على حساب امتصاص عنصرى الكالسيوم والمغنيسيوم؛ مما يؤدى إلى نقص المحصول.

٢- نقص نسبة المادة الجافة فى الدرنات، ونقص كثافتها النوعية. وقد لوحظ ازدياد معدل النقص فى الكثافة النوعية؛ بزيادة معدلات التسميد بكلوريد البوتاسيوم عما هو فى حالة زيادة معدلات التسميد بكبريتات البوتاسيوم (Burton ١٩٤٨، Smith ١٩٦٨). وقد تأكد أن زيادة امتصاص النبات لعنصر الكلور تؤدى إلى نقص المحصول، ونقص الكثافة النوعية للدرنات، ونقص نسبة المادة الجافة فيها. وتكون هذه التأثيرات واضحة عند زيادة نسبة أيون الكلور فى أنسجة النبات عن ٥٠٠ جزءٍ فى المليون.

الكالسيوم

من أبرز مظاهر نقص الكالسيوم اصفرار حواف الوريقات الصغيرة فى القمة النامية للنبات، ثم موت هذه الحواف؛ الأمر الذى يؤدى إما إلى نموها إلى وريقات غير طبيعية، وإما إلى موت الوريقات، ثم موت القمة النامية للنبات. وتظهر الأعراض ذاتها على النموات الجانبية التى تتكون — عادة — عند موت القمة النامية للنبات. كذلك تظهر بقع ميتة فى مركز الدرنات، وخاصة عند طرفها المتصل بالنبات. وإذا حدث تعرض النبات لنقص العنصر فى نهاية الموسم، فإن أعراض الدرنات قد تظهر، بينما تبدو النموات الخضرية طبيعية المظهر؛ ولذا.. يجب أن يستمر إمداد النبات بالكالسيوم ما استمر فى تكوين أنسجةٍ جديدة.

ويؤدى توفر عنصر الكالسيوم إلى زيادة مقاومة درنات البطاطس للبكتيريا *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica* المسببة لمرض العفن الطرى. كما يقلل الكالسيوم من إصابة الدرنات بعديدٍ من العيوب الفسيولوجية؛ مثل التبقع البنى الداخلى، والقلب الأجوف، والنخاع البنى. هذا فضلاً على تحسين الكالسيوم لجودة الدرنات وصلاحيتها للتخزين (عن Palta ١٩٩٦).

ويتسبب النقص الشديد للكالسيوم فى موت القمة النامية فى البطاطس؛ الأمر الذى يترتب عليه انتهاء حالة السيادة القمية، وظهور عدد كبير من النموات الجانبية (Ozgen وآخرون ٢٠١١).

ويؤدى توفر الكالسيوم للنبات إلى زيادة محتوى الدرنات من العنصر؛ الأمر الذى يقلل من إصابتها بالأعفان قبل الحصاد وأثناء التخزين، كما يقلل ذلك من إصابتها بالعيوب الفسيولوجية الداخلية (Mishra ٢٠٠٢).

وتؤدى زيادة محتوى التربة من الكالسيوم إلى إحداث خفض فى عدد سيقان النبات؛ مما يؤدى إلى إنتاج درنات أقل عددًا وأكبر حجمًا.

ومن أهم مزايا التسميد الجيد بالكالسيوم للدرنات، ما يلى:

١- تقليل أعفان التخزين.

٢- تقليل حالات العيوب الفسيولوجية الداخلية: القلب الأجوف، والبقع البنية، وبقع الخدوش السوداء.

٣- تقليل أضرار شد الحرارة وشد البرودة على النبات، وتقليل حدوث التحلل الحرارى الداخلى internal heat necrosis بالدرنات.

٤- تحسين جودة درنات التقاوى وتحسين جودة نمواتها sprouts نظرًا لاعتماد تلك النموات على قطعة التقاوى فى إمدادها بالكالسيوم قبل تكون المجموع الجذرى من قطعة التقاوى. فإذا انخفض محتوى درنات التقاوى من الكالسيوم فإن قمم النموات يمكن أن تموت؛ مما يؤدى إلى نمو العيون الجانبية وزيادة عدد السيقان؛ مما يترتب عليه زيادة عدد الدرنات المنتجة مع صغر حجمها (Palta ٢٠١٨).

وقد أظهرت درنات البطاطس المنتجة فى ظروف عدم التسميد بالكالسيوم أعلى شدة إصابة بالتلون البنى الداخلى، وهو الذى بدأ مع بداية تكوين الدرنات، وازدادت شدة الإصابة بالعيب الفسيولوجى أكثر عند ارتفاع الحرارة إلى ٣٢°م وقت اكتمال تكوين الدرنات مع غياب الكالسيوم، إلا أن ظروف ارتفاع الحرارة — مع توفر الكالسيوم — لم تؤد إلى ظهور حالة التلون البنى الداخلى. ولقد كان الفرق واضحًا فى محتوى قشرة الدرنات من الكالسيوم عند عدم التسميد بالعنصر (٠,٥ — ٠,٨ جم/كجم) مقارنة بمحتواها عند التسميد (١,٢- ١,٩ جم/كجم)، بينما كان محتوى أنسجة نسيج النخاع من الكالسيوم واحدًا فى حالتى التسميد (Olsen وآخرون ١٩٩٦).

تُفيد التغذية بالكالسيوم بالقرب من الـدرنات الناميـة فـى تقليـل حـالات الإصـابة بالعيوب الفسيولوجية الداخلية بالدرنات، مثل البقع البنية الداخلية والقلب الأجـوف، كما أن زيادة محتوى الدرنات من الكالـسيوم يزيـد مـن تحملـها للخـدوش ومـن قـدرتها التخزينية، وتقل إصابتها بالعفن الطرى البكتيرى. ولقـد وجـد فـى بعـض الأصـناف أن جودة تقاوى البطاطس يمكن أن تتحسَّن بزيادة محتواها من الكالسيوم، وذلـك بتغـذيتها بالعنصر أثناء تكوينها فى الموسم السابق لزراعتها. هذا .. فضلاً عن أن تغذيـة البطـاطس بالكالسيوم أثناء نموها وتوفره بالأوراق عند مستوى معين يساعد فى زيادة تحمل النبـات لكل من شد البرودة وشد الحرارة (Palta ٢٠١٠).

المغنيسيوم

تظهر أعراض نقص المغنيسيوم على الأوراق السفلى أولاً، ثـم تتجـه تـدريجيًّا نحـو الأوراق العليا. وفى بداية الأمر يختفى اللون الأخـضر بـين العـروق فـى قمـة الوريقـات، وخاصةً الوريقات الطرفية للأوراق السفلى — ثم تمتد الأعراض نحو مركز الوريقات التـى تصبح صفراء كلية — تقريبًا — بين العروق، ثم تظهر بهـا مـساحات صـغيرة ميتـة بنيـة اللون على امتداد العروق، وقد تصبح المساحات بين العروق بيضاء اللـون، وترتفـع قلـيلاً إلى أعلى، بينما تنحنى حواف الوريقات وقمتها إلى أسفل. وتكـون الأوراق المتـأثرة بهـذه الأعراض متصلبة وسهلة التقصف؛ الأمـر الـذى يميزهـا عـن الأوراق التـى تكـون صـفراء اللون طبيعيًّا بسبب شيخوختها (Houghland ١٩٦٤).

الكبريت

نادرًا ما تظهر أعراض نقص الكبريت على نباتات البطاطس تحت ظروف الحقـل؛ نظرًا لاحتواء معظم الأسمدة على العنصر فى صورة كبريتات. وعمومًا.. فإن أعراض نقص العنصر — إن ظهرت — تكون فى صورة اصفرارٍ بالأوراق، وتخـشب بالـسيقان، وضـعف فى النمو الجذرى.

الحديد

من أبـرز أعـراض نقـص الحديـد ظهـور اصـفرار خفيـف بـين العـروق فـى الأوراق الحديثة؛ ينتشر سريعًا ليشمل كل سطح الورقة. ومع استمرار نقص العنصر يتحـول لـون الورقة إلى الأصفر الشاحب، ثم إلى الأبيض.

الزنك

يؤدى نقص عنصر الزنك إلى تقزم نباتات البطـاطس، مـع التفـاف الأوراق الحديثـة إلى أعلى واصفرارها، ويعقب ذلك ظهـور مـساحات بنيـةٍ ضـاربةٍ إلى الرمـادى، أو بنيـة اللون على الأوراق الوسطية للنبات، ولا تلبث هـذه المـساحات أن تمـوت وتتحلـل، ثـم تظهر الأعراض ذاتها على الأوراق الأخرى بالنبات. كذلك قد تظهر البقـع البنيـة اللـون على السيقان وأعناق الأوراق.

ولقد أدى التسميد بالحديد والزنك إلى زيادة وزن الدرنة وزيادة نسبة عدد الـدرنات إلى وزنها، وإلى زيادة محتـوى الـدرنات مـن كـلا العنـصرين؛ بمـا يعنـى زيـادة قيمتهـا الغذائية. ولقد كان التسميد بالعنصرين مع ماء الرى أعلى تأثيرًا عن التسميد رشًّا (Hadi وآخرون ٢٠١٥).

المنجنيز

تظهر أعراض نقص المنجنيز على صورة اصفرارٍ بين العروق فى الأوراق العليا للنبات.

البورون

تموت القمم النامية لسيقان نباتات البطاطس التى تعانى نقص عنصر البورون؛ ممـا يـؤدى إلى نـشاط نمـو الـبراعم الإبطيـة. ومـن الأعـراض الأخـرى لـنقص العنـصر قِـصر السلاميات، وزيادة سمك الأوراق، والتفافها إلى أعلى، مع اكتساب الأوراق الحديثة لونًا أخضر شاحبًا، واصفرار النمو الخضرى بصورةٍ عامةٍ. وإذا فحصت جذور هذه النباتـات، فإنها تبدو قصيرةً ومتقزمةً.

وفى الحالات الشديدة لنقص البورون يصاحب اختفاء اللون الأخضر من الأوراق ظهور لون قرمزىٍ، كما تموت قمم الوريقات وحوافها.

وتلاحظ الأعراض الداخلية لنقص البورون عند القمم النامية لكلٍ من الجذور والسيقان؛ حيث يظهر تلون بنى ينتج عن انهيار الخلايا فى تلك المناطق، يتبعه موت القمة النامية، ثم تظهر أعراض مماثلة فى البراعم الإبطية، وفى الأنسجة الداخلية للفروع الجانبية.

أما الدرنات، فإنها تكون فى النباتات التى تعانى من نقص البورون أصغر من حجمها الطبيعى، وتتمزق مساحات من سطحها، ويظهر تلون بنى تحت الجلد، وخاصةً فى طرف الدرنة المتصل بالنبات. كما يظهر تلون بنى فى النسيج الوعائى يكون شديدًا بالقرب من الطرف المتصل بالساق، وتقل حدته تدريجيًّا فى اتجاه الطرف الآخر للدرنة.

ويمكن أن تظهر مشاكل من التسمم بالبورون عند زيادة كمية الأسمدة المضافة، أو عدم تجانس توزيعها فى الحقل. ومن أعراض ذلك موت النموات الجديدة بعد فترة قصيرة من الإنبات، وفشل الجذور فى التكوين، وضعف مظهر النبات، واصفرار حواف الوريقات أو اكتسابها لونًا أبيض، ونقص المحصول (Houghland ١٩٦٤).

ولمزيد من التفاصيل عن أهمية البورون وأعراض نقصه.. يراجع Gupta (١٩٧٩).

مراحل نمو نبات البطاطس ذات العلاقة ببرنامج التسميد

يمر نبات البطاطس بأربع مراحل للنمو تكون وثيقة الصلة ببرنامج التسميد، كما يلى:

المرحلة الأولى

وهى مرحلة النمو النباتى بعد الزراعة وحتى بدء وضع الدرنات.

المرحلة الثانية

تبدأ هذه المرحلة مع بدء وضع الدرنات فى قمم السيقان الأرضية، وهى العملية التى تُعرف باسم tuberization، وتكون قبل الإزهار بنحو ١٠– ١٤ يومًا. وتعرف

عملية وضع الدرنات بأنها تضخم فى قمم المدادات إلى نحو ضعف قطرها الطبيعى. ولا تحدث خلال هذه المرحلة أية زيادة فى حجم الدرنات التى تكون قد بدأت فى التكوين، أو تكون هذه الزيادة قليلة ولا تذكر.

المرحلة الثالثة

هى مرحلة زيادة الدرنات – التى بدأت فى التكوين – فى الحجم، وهى العملية التى تُعرف باسم bulking. يكون نمو الدرنة خطيًّا إذا كانت كل ظروف النمو مثالية. ويزداد الوزن الجاف للدرنة نتيجة لانتقال العناصر الغذائية والغذاء المجهز من الجذور والنموات الخضرية إليها.

المرحلة الرابعة

يكتمل تكوين الدرنات فى هذه المرحلة، مع بدء اصفرار الأوراق وفقدان بعضها (Lang وآخرون ١٩٩٩).

احتياجات البطاطس من العناصر السمادية

النيتروجين

على الرغم من أن النبات يحتاج إلى عنصر النيتروجين خلال جميع مراحل نموه، فإن حاجته إلى العنصر تزداد — بصورة خاصة — فى مرحلة النمو الخضرى السريع، التى تستمر لمدة حوالى شهر بعد أن يصل ارتفاع النبات إلى حوالى ١٥– ٢٠ سم، ويكون ذلك — عادة — خلال الشهر الثانى بعد الزراعة.

وبينما يصل تركيز النيتروجين فى الدرنات إلى أعلى مستوى له فى المراحل الأولى لتكوينها، وينخفض تدريجيًّا حتى عمر ٥٦– ٧٠ يومًا من الإنبات، ثم يرتفع قليلاً بعد ذلك، فإن حاجة الدرنات من العنصر تزداد تدريجيًّا خلال جميع مراحل تكوينها، بينما تبلغ حاجة النموات الخضرية من العنصر إلى أقصاها بعد ٥٦ يومًا من الإنبات (Mazur & Voitas ١٩٩٢).

وتقدر الكمية الإجمالية من النيتروجين التى تصل إلى مختلف الأجزاء النباتية (النموات الهوائية، والجذور، والدرنات) لمحصول جيدٍ من البطاطس بحوالى ١٥٠–٢٠٠ كجم/ هكتار (٦٢– ٨٣ كجم/فدان). وطبيعى أن يمثل ذلك المدى الحد الأدنى لكمية النيتروجين التى يجب أن تتيسر فى منطقة نمو جذور البطاطس.

الفوسفور

كما هى الحال مع النيتروجين، فإن نبات البطاطس يحتاج إلى الفوسفور فى جميع مراحل نموه، إلا أن حاجته إلى العنصر تزداد — خاصة — فى مراحل النمو الخضرى السريع خلال الشهر الثانى بعد الزراعة. وتقدر الكمية الإجمالية من P_2O_5 التى تصل إلى مختلف الأجزاء النباتية فى محصولٍ جيدٍ من البطاطس بنحو ٤٥ كجم/ هكتار (حوالى ٢٠ كجم/فدان). ونظرًا لأن الفوسفور يثبت بمعدلات عاليةٍ فى الأراضى القلوية، فإن هذا الأمر يجب أن يؤخذ فى الحسبان عند وضع برنامج التسميد الفوسفاتى.

وقد وجد فى دراسة أجريت فى تربة رملية تقل قدرتها على تثبيت الفوسفور أن إضافة السماد الفوسفاتى بمعدلات عالية وصلت إلى ٤٨٠ كجم P للهكتار (٢٠٠ كجم P للفدان) بطريقة النثر على كل سطح التربة مع خلطة بالطبقة السطحية كان أفضل من إضافته مركزًا (فى شرائط bands) على جانبى خط الزراعة (Hegney & McPharlin ١٩٩٩)، إلا أن ذلك الإجراء لا يوصى به فى الأراضى القلوية التى يزيد فيها تثبيت الفوسفور، ولا عندما يكون التسميد الفوسفاتى بمعدل أقل من ذلك.

وكانت الكثافة النوعية للدرنات هى الصفة الوحيدة المقيسة التى ارتبطت سلبيًّا مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتى حتى ٤٧٥ كجم P للهكتار (٢٠٠ كجم P للفدان) (Freeman وآخرون ١٩٩٨).

إن الهدف الرئيسى لإدارة التغذية بالفوسفور فى البطاطس هو المحافظة على مستوى مناسب من الفوسفور فى المحلول الأرضى عند سطح الجذور. ونظرًا لضعف كثافة النمو الجذرى للبطاطس، فإن ذلك يعنى ضرورة زيادة تركيز الفوسفور فى اختبارات التربة عما يلزم لمعظم المحاصيل الأخرى. ومن ناحية أخرى فإن الفوسفور

يتفاعل مع كل من الحديد والألومنيوم فى الأراضى المعتدلة الحموضة، ومع الكالسيوم فى الأراضى القلوية؛ ليكون مركبات غير ذائبة.

ولذا.. فإن إدارة التسميد الفوسفاتى يتطلب ما يلى:

١- اتباع الأساليب الزراعية التى تسمح بأن تكون التربة مناسبة لنمو الجذور وتطورها.

٢- التحكم فى مصادر الأسمدة الفوسفاتية ومعدلات التسميد وطرق إضافتها التى تسمح بالمحافظة على المستوى المثالى من الفوسفور فى المحلول الأرضى خلال المراحل الحرجة للنمو.

٣- اتباع أساليب المحافظة على التربة والماء لخفض فقد الفوسفور من منطقة نمو الجذور والحقل إلى أدنى ما يمكن (Fixen & Bruulsema ٢٠١٤).

وتتطلب الإدارة المثلى للتسميد بالفوسفور فى البطاطس ما يلى:

١- التسميد بكمية الفوسفور التى يوصى بها تبعًا لتحليل التربة.

٢- إضافة السماد الفوسفاتى فى حزام على مسافة ٥ سم من قطعة التقاوى، وخاصة فى الأراضى الرملية أو حينما يستعمل فوسفات ثنائى الأمونيوم أو فوسفات أحادى الأمونيوم فى التسميد.

٣- اللجوء إلى اختبار الفوسفور بأعناق الأوراق لتحديد مدى الحاجة للتسميد بالفوسفور خلال موسم النمو.

٤- يؤخذ فى الاعتبار كل مصادر الفوسفور المضافة، بما فى ذلك الأسمدة الحيوانية.

٥- تطبيق أفضل ممارسات المحافظة على التربة لتقليل فقد الفوسفور مع الماء السطحى (Rosen وآخرون ٢٠١٤).

ويمكن زيادة كفاءة استخدام الفوسفور فى البطاطس بالتحكم فى بيئة المحيط الجذرى بالوسائل التالية:

١- رفع الرقم الأيدروجينى فى الأراضى الحامضية.

٢- إضافة السماد فى المحيط الجذرى إما نثرًا وإما فى حزام مركز وذلك أفضل.

٣- استخدام الأسمدة الفوسفاتية البطيئة الذوبان أو المتحكم فى تيسرها.

٤- استخدام الأحماض العضوية لزيادة ذوبان الفوسفور فى الأراضى القلوية.

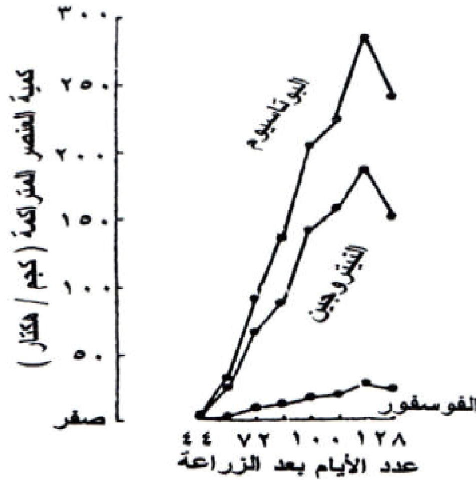
٥- استخدام بوليمر حامضى acid polymer.

٦- زيادة حيز المحيط الجذرى الفعال بأى ممارسات يمكن أن تحفز النمو الجذرى وتزيد من فاعليته، مثل تحفيز نمو الميكوريزا (Hopkins وآخرون ٢٠١٤).

البوتاسيوم

تصل إلى مختلف الأجزاء النباتية للبطاطس نحو ٣٠٠ كجم من البوتاسيوم (فى صورة K_2O) للهكتار (حوالى ١٢٥ كجم K_2O للفدان).

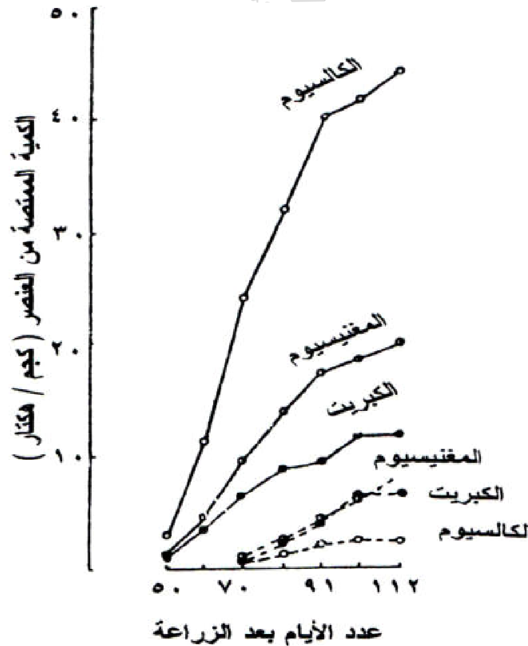
هذا .. ويوضح شكل (٦-٤) الزيادة فى الكمية الممتصة من عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم مع النمو. ويتضح من الشكل أن الكميات التى يمتصها النبات من عنصرى النيتروجين والبوتاسيوم تزيد كثيرًا عما يمتصه من عنصر الفوسفور، كما أن الدرنات تصبح المخزن الرئيسى لما يقوم النبات بامتصاصه من هذه العناصر بعد ١٤ يومًا من بداية تكوينها (Harris ١٩٧٨).



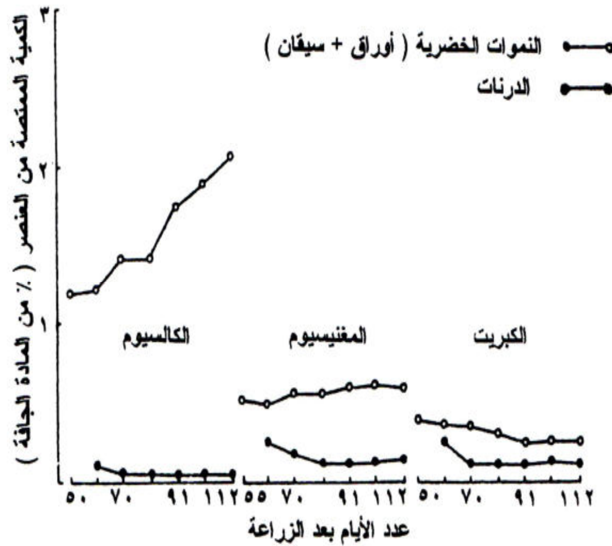
شكل (٦-٤): الزيادة فى الكمية الكلية الممتصة من عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم مع النمو.

الكالسيوم، والمغنيسيوم، والكبريت

يبين شكل (٦–٥) الكميات الكلية التى يمتصها نبات البطاطس من عناصر الكالسيوم، والمغنيسيوم، والكبريت أثناء موسم النمو، والكمية الفعلية التى تصل إلى الدرنات من هذه العناصر. ويتضح من الشكل أن الكمية الكلية المتراكمة من الكالسيوم الممتص تبلغ ضعف كمية المغنيسيوم، وأربعة أضعاف كمية الكبريت، إلا أن ٦٪ فقط من كمية الكالسيوم الممتصة، تذهب إلى الدرنات، بالمقارنة بنحو ٤١٪، و٥٥٪ من كميات المغنيسيوم والكبريت الممتصة على التوالى. وعمومًا.. فإن نسبة ما يصل إلى الدرنات من هذه العناصر أقل بكثيرٍ مما يصل إلى الدرنات من الكميات التى يمتصها النبات من عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم. ويوضح شكل (٦–٦) التغيرات فى الكميات الممتصة من عناصر الكالسيوم، والمغنيسيوم، والكبريت كنسبة مئوية من المادة الجافة فى كل من الدرنات، والنموات الخضرية (الأوراق + السيقان) أثناء موسم النمو.



شكل (٦–٥): الكميات الكلية (. . . . .)، والكميات التى تصل إلى الدرنات (.....) من عناصر الكالسيوم، والمغنيسيوم، والكبريت أثناء موسم النمو.



شكل (٦–٦): التغيرات فى الكميات الممتصة من عناصر الكالسيوم، والمغنيسيوم، والكبريت كنسبة مئوية من المادة الجافة فى كل من الدرنات والنموات الخضرية (الأوراق + السيقان).

كميات العناصر التى تزيلها البطاطس من التربة

نظرًا لأن كميات العناصر التى تصل إلى الدرنات تُزال نهائيًّا من الحقل مع المحصول، بينما يعود إلى التربة ما يكون قد استقر فى بقية الأجزاء النباتية من عناصر ممتصة؛ لذا فإن معرفة كمية العناصر التى تذهب إلى الدرنات يفيد فى التخطيط للبرنامج التسميدى لكلٍ من البطاطس والمحاصيل التى تليها فى الدورة، ويبين ذلك فى جدول (٦–٣) لكل طن من محصول الدرنات، إلا أن هذه القيم تتأثر كثيرًا بكمية المحصول، وبالعوامل التى تؤثر على المحصول. فمثلاً .. يتضح من جدول (٦–٤) أن زيادة التسميد الآزوتى تصاحبها زيادة كبيرة فى المحصول، كما تزيد كمية النيتروجين التى تصل إلى كل طن من الدرنات الطازجة، إلا أن الكميات المناظرة من عنصرى الفوسفور والبوتاسيوم تتناقص مع زيادة التسميد الآزوتى.

جدول (٦-٣): كميات العناصر التى توجد بكل طن من الدرنات الطازجة.

العنصر	كميته
النيتروجين	٢,٣٦- ٢,٦٨ كيلو جرام
الفوسفور	٠,٥٣- ٠,٦٢ كيلو جرام
البوتاسيوم	٣,٩٣- ٤,٦٧ كيلو جرام
الكالسيوم	٧٠- ٢٠٠ جرام
المغنيسيوم	١٣٠- ٢٢٠ جرام
الكبريت	٢١٠ — ٤٨٠ جرام
الزنك	١,٨- ٥,٠ جرام
النحاس	١,٤- ٢,٢ جرام
المنجنيز	١,٣- ٢,١ جرام
الحديد	٤,٢ جرام
البورون	٦٢٠ ملليجرام
الموليبدنم	٣٧ ملليجرام
الصوديوم	٢٣٠ جرام

جدول (٦-٤): تأثير التسميد الآزوتى على كميات النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم التى تصل إلى كل طن من الدرنات الطازجة.

معاملة التسميد الأزوتى (كجم نيتروجين/هكتار)	محصول الدرنات (طن/هكتار)	كميات العناصر (كجم/طن من الدرنات الطازجة)		
		نيتروجين	فوسفور	بوتاسيوم
صفر	١١,٩٥	٢,٨١	٠,٥٠	٥,٤١
٩٤	١٩,٥٧	٣,٢٦	٠,٤٦	٥,٢٤
١٨٨	٢٢,٧٤	٣,٥٧	٠,٤٥	٤,٧٣

وعندما اختلف تيسر الفوسفور بين المنخفض (P: ١٠ مجم/ ديسمتر مكعب dm^{-3})، والعالى (P: ١١١ مجم/ ديسمتر مكعب) تباينت خمسة أصناف من البطاطس فى كل من

دليل الحصاد harvest index وامتصاص وتوزيع عناصر النيتروجين والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت والمنجنيز والزنك على الدرنات (Fernandes وآخرون ٢٠١٥).

تحليل التربة

يفيد تحليل التربة فى تحديد مدى الحاجة للتسميد بالنيتروجين حسب المحصول المتوقع، كما يتضح من جدول (٦- ٥).

جدول (٦-٥): احتياجات البطاطس من النيتروجين حسب تحليل التربة والمحصول المتوقع (Lang وآخرون ١٩٩٩).

النيتروجين فى تحليل التربة	المحصول المتوقع (طن/ فدان)			
($NH_4 + NO_3$)	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥
جزء فى المليون	معدل التسميد بالنيتروجين (كجم / فدان)			
صفر	١٠٠	١٢٥	١٥٠	١٧٥
١٠	٨٠	١٠٥	١٣٠	١٥٥
٢٠	٦٠	٨٥	١١٠	١٣٥
٣٠	٤٠	٦٥	٩٠	١١٥

هذا.. ويجب تعديل الأرقام السابقة لتتماشى مع ظروف الحقل؛ فيلزم إضافة ٥ كجم N/ فدان إذا كانت هناك بقايا نباتية غير متحللة ذات نسبة عالية من الكربون إلى النيتروجين مثل قش النجيليات وحطب الذرة، وخصم حوالى ٣٠- ٤٠ كجم N/ فدان إذا جاءت زراعة البطاطس بعد برسيم، وكذلك خصم كميات العنصر المضافة مع السماد العضوى، وزيادة الكميات المستعملة بمقدار ١٥- ٢٠ كجم N/ فدان فى الأراضى الرملية لتعويض الفاقد بالرشح (Hopkins وآخرون ٢٠١٠).

وحسب مرحلة النمو، فإن النيتروجين النتراتى والنشادرى فى الـ ٤٥ سم العلوية من التربة يجب أن يكون فى الحدود التالية (Lang وآخرون ١٩٩٩).

مرحلة النمو	النيتروجين (جزء فى المليون)
١	١٥
٢	> ١٠ وحتى ١٥
٣	١٠
٤	> ١٠

ويفيد تحليل التربة فى تعرُف مدى حاجة النباتات إلى التسميد الفوسفاتى، وفى تحديد مدى استجابتها له؛ فالبطاطس لا تستجيب للتسميد الفوسفاتى إذا زاد مستوى الفوسفور الذائب فى التربة على ٨٠ جزءًا فى المليون، وتكون الاستجابة ضعيفة إذا تراوح مستوى الفوسفور فى التربة بين ٤٠ جزءًا و ٨٠ جزءًا فى المليون، لكن الاستجابة تكون مؤكدة عندما ينخفض مستوى الفوسفور فى التربة عن ٤٠ جزءًا فى المليون.

وبينما نجد أن زيادة التسميد الفوسفاتى عما يلزم للنمو الجيد لا جدوى منها لزيادة محصول الدرنات، فإن الوصول إلى أعلى محصول من البطاطس يتطلب خلط السماد الفوسفاتى بالتربة أثناء تجهيز الأرض قبل الزراعة.

وتحتاج البطاطس للتسميد بالفوسفور حسب محتوى التربة من العنصر فى الثلاثين سنتيمترًا العلوية من التربة، كما يلى (Lang وآخرون ١٩٩٩):

اختبار الفوسفور بالتربة (بيكربونات الصوديوم) بالجزء في المليون	معدل التسميد المطلوب (كجم/فدان)	
	P	P_2O_5
٣	٦٥	١٥٠
٦	٤٥	١٠٠
٩	٣٥	١٣٠
١٢	٢٥	٥٥
١٢– ٢٠	١٥	٣٥
< ٢٠	صفر	صفر

كما يتوقف معدل التسميد الفوسفاتى المناسب على تحليل التربة، كما يلى:

مستوى الفوسفور P فى التربة (جزء فى المليون)	معدل التسميد الفوسفاتى المناسب (كجم P_2O_5 للفدان)
صفر – ١٥	٨٠– ١٠٠
١٥– ٢٥	٦٠– ٨٠
٢٥– ٤٠	٤٠– ٦٠
> ٤٠	٤٠

هذا.. وتبلغ نسبة الفوسفور فى الأراضى المصرية التى تزرع فيها البطاطس من ٠,٢– ٠,٥٪ كما تبلغ نسبة البوتاسيوم من ٠,٥– ١,٥٪، إلا أن الجزء الميسر للامتصاص من أيٍ منهما أقل من ذلك بكثير.

ولا تستجيب البطاطس للتسميد البوتاسى إذا زاد مستوى البوتاسيوم الذائب فى التربة على ٢٠٠ جزء فى المليون، وتكون الاستجابة ضعيفة إذا تراوح مستوى البوتاسيوم الذائب بين ١٥٠ جزءًا و٢٠٠ جزء فى المليون، ومتوسطة فى مستوى بوتاسيوم من ١٠٠– ١٥٠ جزء فى المليون، وتكون الاستجابة مؤكدة عندما ينخفض مستوى البوتاسيوم الذائب فى التربة عن ١٠٠ جزءٍ فى المليون.

يجب أن تسمد حقول البطاطس بالبوتاسيوم – حسب تحليل التربة فى الثلاثين سنتيمترًا العلوية منها – كما يلى (Lang وآخرون ١٩٩٩):

اختبار البوتاسيوم K فى التربة (بيكربونات الصوديوم) بالجزء فى المليون	معدل التسميد بالبوتاسيوم	
	K	K_2O
٦٠	٢٠٠	٢٤٠
١٢٠	١٥٠	١٨٠
١٨٠	١٠٠	١٢٠
٢٤٠	٥٠	٦٠
> ٢٤٠	صفر	صفر

كما يتوقف معدل التسميد البوتاسى المناسب على تحليل التربة، كما يلى:

مستوى البوتاسيوم K فى التربة	معدل التسميد البوتاسى المناسب (كجم K_2O للفدان)
صفر – ٢٠٠	٧٥ –١٠٠
٢٠٠ –٣٠٠	٥٠ –٧٥
٣٠٠ –٤٠٠	صفر – ٥٠
> ٤٠٠	صفر

تحليل النبات

الأجزاء النباتية المستخدمة فى التحليل

يفيد تحليل النبات فى تحديد مدى حاجته إلى التسميد. ويعتبر التحليل المبكر أكثر فائدةً فى هذا الشأن. وتعد أعناق الأوراق والسيقان أكثر الأجزاء النباتية حساسية لمستوى التسميد. ويعد عنق الورقة الرابعة من القمة النامية للنبات هو أفضل دليلٍ على مستوى العنصر فى النبات. وأحسن وقتٍ لإجراء التحليل هو عند تكوين الدرنات، ففى هذه المرحلة تستجيب النباتات للتسميد إذا كان مستوى العناصر فيها أقل من الحدود الموصى بها.

وكما أسلفنا.. يستخدم فى التحليل عنق الورقة الرابعة من القمة النامية؛ الأمر الذى يتحتم معه اختيار الورقة بدقةٍ. ولتجنب هذه المشكلة قارن Westermann وآخرون (١٩٩٤ب) نتائج تحليل الجزء العلوى من الساق بتحليل عنق الورقة الرابعة من القمة النامية تحت ظروف نقص وتوفر مختلف العناصر الضرورية للنبات. وقد حصلوا على الجزء العلوى من الساق بقطع النبات أسفل الورقة السادسة، ثم قطع جميع الأوراق والميرستيم القمى. وقد أوضحت النتائج تماثل نتيجة التحليل بالنسبة لعناصر النيتروجين النتراتى والفوسفور والبوتاسيوم، بينما كان تركيز الزنك أعلى بنسبة ٤٠٪ فى الجزء العلوى من الساق، وتركيز الكالسيوم، والمغنيسيوم، والمنجنيز أقل فى الجزء العلوى من الساق مقارنة بتركيزها فى عنق الورقة الرابعة.

يبدأ جمع الأعناق — عادة — فى بداية مرحلة وضع الدرنات، ويستمر أسبوعيًّا خلال معظم مرحلة نمو الدرنات.

يُجمع— عادة – من ٥٠ إلى ٦٠ عنق ورقة من المساحات التى يُفترض تمثيلها للحقل. يتعين تجريد الأعناق من الوريقات فى الحال بعد جمعها، ثم توضع الأعناق فى إناء نظيف أو كيس ورقى، ثم تجفف سريعًا على ٦٦ْم أو تحفظ على أقل من ٥ْم إلى حين تحليلها. تؤمن تلك الإجراءات عدم حدوث أية تغيرات فى تركيز العناصر؛ وهو الأمر الذى يمكن أن يحدث فى أنسجة العينات الدافئة الرطبة (Hopkins وآخرون ٢٠١٠).

وللحد من التباينات فى نتائج تحليل العصير الخلوى لعنق الورقة.. يوصى Vitosh & Silva (١٩٩٦) أن يكون جمع عينات الأوراق لأجل تحليلها بين العاشرة صباحًا والثانية عشرة ظهرًا.

المستويات العامة للعناصر الضرورية فى أوراق البطاطس

يقدر المستوى المناسب لمحتوى أوراق البطاطس — التى أكملت نموها حديثًا — من مختلف العناصر الضرورية للنبات — فى بداية مرحلة الإزهار — للحصول على أعلى محصول، كما يلى:

العنصر	التركيز (بالجزء فى المليون على أساس الوزن الجاف)
النيتروجين	٥٠٠٠ – ٦٥٠٠
الفوسفور	٣٥٠ – ٦٠٠
البوتاسيوم	٥٠٠٠ – ٦٥٠٠
الكالسيوم	٦٠٠ – ٢٠٠٠
المغنيسيوم	٢٥٠ – ٨٠٠
الحديد	٧٠ – ١٥٠
الزنك	٢٠ – ٨٠
النحاس	٧ – ١٥
المنجنيز	٤٠ – ٢٠٠
البورون	٢٥ – ٧٠
الموليبدنم	٠,٢ – ٠,٥

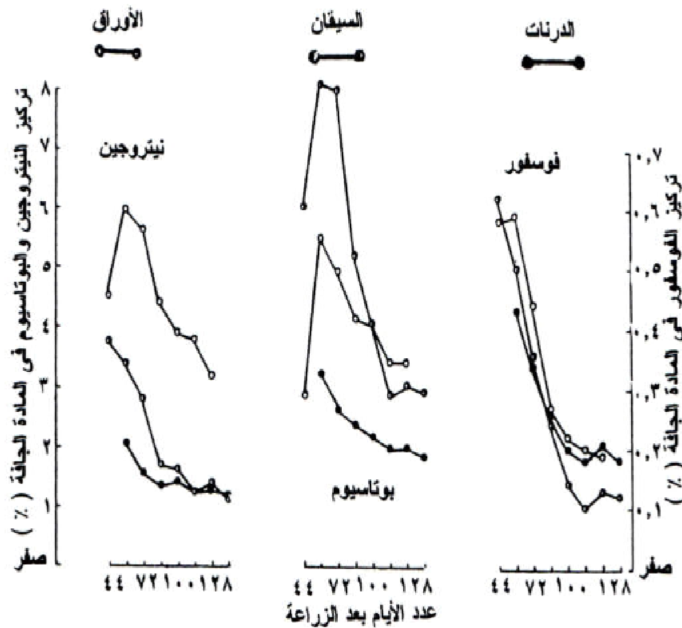
ويبين جدول (٦–٦) مزيدًا من التفاصيل عن تركيزات العناصر بأعناق أوراق البطاطس.

مستويات العناصر الكبرى فى مختلف الأعضاء النباتية والمراحل العمرية

يوضح شكل (٦–٧) التغيرات فى تركيز عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم فى المادة الجافة للنبات باختلاف عمره، وباختلاف الجزء النباتى. ويلاحظ أن تركيز النيتروجين يكون دائمًا فى الأوراق أعلى مما فى السيقان أو الدرنات؛ ويصل إلى أعلى مستوى له (وهو ٦٪ من المادة الجافة) فى المراحل المبكرة من النمو النباتى. ويصل أعلى تركيز للبوتاسيوم وهو ٨٪ من المادة الجافة فى السيقان فى بداية موسم النمو. أما تركيز الفوسفور، فلا يتعدى ٠,٦٪، ولا يختلف كثيرًا فى السيقان عنه فى الدرنات أو فى الأوراق. ويقل تركيز جميع العناصر فى المادة الجافة مع تقدم النبات فى العمر.

جدول (٦–٦): مدى تركيز العناصر المنخفض والحدّى والكافى للنمو الجيد خلال مرحلة نمو امتلاء الدرنات فى عنق الورقة الرابعة من القمة النامية للبطاطس (Hopkins وآخرون ٢٠١٠).

العنصر	المنخفض	الحدّى	الكافى
النيتروجين النتراتى (جزء فى المليون	< ١٠٠٠٠	١٠٠٠٠–	١٥٠٠٠–
الفوسفور (٪)	< ٠,١٧	٠,١٧– ٠,٢٢	< ٠,٢٢
البوتاسيوم (٪)	< ٧,٠	٧,٠– ٨,٠	< ٨,٠
الكالسيوم (٪)	< ٠,٤	٠,٤– ٠,٦	< ٠,٦
المغنيسيوم (٪)	< ٠,١٥	٠,١٥– ٠,٣	< ٠,٣
الكبريت (٪)	< ٠,١٥	٠,١٥– ٠,٢	< ٠,٢
الزنك (ppm)	< ١٠	١٠– ٢٠	< ٢٠
المنجنيز (ppm)	< ٢٠	٢٠– ٤٠	< ٤٠
الحديد (ppm)	< ٢٠	٢٠– ٥٠	< ٥٠
النحاس (ppm)	< ٢	٢– ٤	< ٤
البورون (ppm)	< ١٠	١٠– ٢٠	< ٢٠



شكل (٦–٧): التغيرات فى تركيز عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم فى المادة الجافة للنبات باختلاف عمره، وباختلاف الجزء النباتى.

هـذا.. إلا أن دراسـات Maier وآخـرون (١٩٩٤) أوضـحت وجـود تفـاعلات بـين مستويات التسميد بكل من النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم تؤثر على نتائج تحليـل هـذه العناصـر فـى أعنـاق الأوراق المكتملـة النمـو ، وكـذلك وجـود ارتبـاط سـالب بـين النيتروجين النتراتى والكلوريد؛ الأمر الذى يستلزم الحذر فى تفسير نتـائج تحليـل هـذه العناصر فى أعناق الأوراق فى بداية موسم النمو.

ويعطى Walworth & Munize (١٩٩٣) مزيدًا من التفاصيل عن مستويات النقص والكفايـة والـسمية بجميـع العناصـر الـضرورية فـى مختلـف المراحـل العمريـة لنبـات البطاطس، وفى مختلف الأجزاء النباتية.

النيتروجين

ينخفض مستوى النترات — تدريجيًّا — مع تقدم النبات فى العمر (جـدول ٦–٧)؛ فقد يصل المستوى إلى ١٤٠٠٠ جزء فى المليون فى بداية النمو، ثم ينخفض تدريجيًّا فـى

مراحل النمو المختلفة عند اختلاف مستوى التسميد. هذا.. وتكون العلاقة بين مستوى النيتروجين فى أعناق الأوراق والمحصول الكلى أقوى ما يمكن فى مرحلة الإزهار (عند وضع الدرنات)، وتتقدم هذه العلاقة تدريجيًّا مع تقدم النباتات فى العمر، لدرجة أن النيتروجين النتراتى قد يختفى كليةً فى نهاية موسم النمو، دون أن تكون لذلك أية علاقةٍ بالمحصول.

جدول (٦-٧): مستوى النيتروجين فى نبات البطاطس فى مراحل النمو المختلفة عند اختلاف مستوى التسميد.

مستوى التسميد	تركيز النيتروجين فى مراحل النمو المختلفة (بالجزء فى المليون على أساس الوزن الجاف)			المحصول المتوقع
	بداية النمو	مرحلة	قرب الحصاد	
منخفض	٨٠٠٠	٦٠٠٠	٣٠٠٠	منخفض
جيد	١٢٠٠٠	٩٠٠٠	٥٠٠٠	مرتفع

ويستفاد من اختبار مستوى النترات فى أعناق الأوراق فى تحديد تركيز النيتروجين فى الأوراق على أساس الوزن الجاف؛ حيث إن الارتباط كبير بين الصفتين. ويستخدم لذلك جهاز محمول (pH/ISE meter) مزود بقطب كهربائى خاص بأيون النترات. ويخفف العصير الخلوى بمحلول من ٠,٠٧٥ مولارًا من كبريتات الألومنيوم (١٨ جزئ ماء تبلور)، و٠,٠٢ مولارًا من حامض بوريك (Vitosh & Silva ١٩٩٤).

ويوجد شبه إجماع بين الباحثين على ارتباط مستوى النترات فى أعناق الأوراق بمحتوى الأوراق من النيتروجين، وأن التركيز ينخفض فى كلا التحليلين مع تقدم النبات فى العمر. ومن مزايا اختبار أعناق الأوراق إمكان تخزينها على الثلج لمدة ١٦ ساعة، أو تجميدها لمدة ٢٤ ساعة دون أن تتأثر بذلك نتيجة الاختبار (Hochmuth ١٩٩٤).

وفى إحدى الدراسات التى كان الارتباط فيها عاليًا (r^2 = ٠,٩٢٥) بين نتيجة اختبار النترات فى أعناق الأوراق، وتحليل النيتروجين ذاته فى الأوراق، اقترح

الباحثون معادلة ارتداد بتحويل نتيجة اختبار النترات فى أعناق الأوراق إلى نسبة مئوية للنيتروجين على أساس الوزن الجاف (عن Kubota وآخرين ١٩٩٦).

وتوضح نتائج دراسات Vitosh & Silva (١٩٩٦) أن مستوى النترات فى العصير الخلوى لعنق الورقة الرابعة من القمة النامية ارتبط بشدة بمستوى التسميد الآزوتى، ومستوى النيتروجين فى التربة. وعلى الرغم من أن تحليل النيتروجين فى أعناق الأوراق بلغ أعلى مستوى له فى بداية موسم النمو، ثم انخفض تدريجيًّا مع تقدم النبات فى العمر.. إلا أنه أمكن تأجيل هذا الانخفاض بعمل إضافات جديدة من النيتروجين خلال موسم النمو.

وعلى الرغم من ذلك، فقد توصل آخرون إلى أن اختبار مستوى النترات فى أعناق أوراق البطاطس لم يكن مجديًا فى تحديد الاحتياجات السمادية للمحصول؛ نظرًا لعدم التوصل إلى علاقة ثابتة بين نتيجة هذا الاختبار، ومعدل امتصاص النبات للنيتروجين (MacKerron وآخرون ١٩٩٥).

يُعطى تحليل النيتروجين النتراتى فى أعناق أوراق البطاطس نتائج عالية الارتباط مع نتائج التحليل العادى للنيتروجين النتراتى، وأفضل وقت لجمع العينات للتحليل هو بين الحادية عشرة صباحًا والثانية بعد الظهر (Zhang وآخرون ١٩٩٦). وتعد أفضل أعناق الأوراق للتحليل هى الرابعة من القمة النباتية، وهى التى تكون أحدث الأوراق التى أكملت نموها (Vitosh & Silva ١٩٩٦).

ويُعد النيتروجين مناسبًا للنمو وإعطاء أعلى محصول من الدرنات عندما يكون مستوى النيتروجين النتراتى كما يلى حسب مرحلة النمو (Errebhi وآخرون ١٩٩٨):

مرحلة النمو	التركيز المناسب للنيتروجين النتراتى فى أعناق الأوراق (مجم/ لتر)
١٥– ٣٠ يومًا بعد الإنبات	١٣٥٠– ١٤٠٠
٣٠– ٧٥ يومًا بعد الإنبات	٥٥٠– ١٣٥٠
عند النضج	٥٥٠– ٦٠٠

وبصورة عامة .. فإن تركيز النترات فى أعناق الأوراق يجب أن يكون كما يلى حسب مرحلة النمو، وذلك لأجل الحصول على أفضل نمو (Lang وآخرون ١٩٩٩):

مرحلة النمو	النيتروجين النتراتى (جزء فى المليون)
١	–
٢	١٥٠٠٠ –٢٦٠٠٠
٣	١٢٠٠٠ –٢٠٠٠٠
٤	٦٠٠٠ –١٠٠٠٠

ويذكر Minotti وآخرون (١٩٩٤) أنه يمكن الاستفادة من قراءات الكلوروفيل تحت ظروف الحقل (استعمل الباحثون جهاز Minolta SPAD-502 لقياس الكلوروفيل) فى تعرُف الحالات الشديدة لنقص النيتروجين فى البطاطس، ولكنها تكون غير ذات فائدة فى حالات النقص المحدود للعنصر.

الفوسفور

ينخفض الفوسفور فى النبات مع تقدمه فى العمر، كما هو مبين فى جدول (٦–٨).

جدول (٦–٨): مستوى الفوسفور فى نبات البطاطس فى مراحل النمو المختلفة عند اختلاف مستوى التسميد.

مستوى التسميد	تركيز النيتروجين فى مراحل النمو المختلفة (بالجزء فى المليون على أساس الوزن الجاف)			المحصول المتوقع
	بداية النمو	مرحلة	قرب الحصاد	
منخفض	١٢٠٠	٨٠٠	٥٠٠	منخفض
جيد	٢٠٠٠	١٦٠٠	١٠٠٠	مرتفع

يعطى تحليل الفوسفور فى أعناق الأوراق بعد ٢٠ يومًا من الإنبات أفضل ارتباط مع المحصول الكلى والمحصول الاقتصادى. ويعتبر الحد الأدنى المناسب لتركيز الفوسفور

(جرام P لكل ١٠٠ جم مادة جافة) — بعد ٢٠ يومًا من الإنبات — لإنتاج أعلى محصول اقتصادى هو: ٠,٤١ فى الأوراق، و٠,٣٩ فى السيقان، و٠,٥٧ فى أعناق الأوراق (Rocha وآخرون ١٩٩٧).

هذا .. إلاّ أن تحليل الفوسفور بطرق التحليل العادية — على أساس الوزن الجاف — فى المراحل المبكرة من النمو يُعد الأفضل ارتباطًا مع النمو والمحصول المتوقع. وينخفض التحليل المناسب من ٠,٥٪ فى المراحل المبكرة جدًّا من النمو الدرنى (٥– ١٠ مم) إلى ٠,٤٪ فى المراحل الوسطية (٣٥– ٤٥ مم) للصنف Russet Burbank، ثم إلى ٠,٢٥ فى المراحل المتأخرة من النمو الدرنى (٧٥– ٨٥ مم) لنفس الصنف (Freeman وآخرون ١٩٩٨).

البوتاسيوم

إن أفضل الأوراق للتحليل — بالنسبة للبوتاسيوم — الورقة الثانية من القمة "المسطحة" flat top؛ وهى التى تتكون من عدد من الأوراق غير تامة النمو، وتتساوى أطرافها فى الطول. وقد وجد أن التركيز الحرج الذى يصاحبه نقص فى المحصول قدره ١٠٪ هو ٢,٣٪ بوتاسيوم على أساس الوزن الجاف فى أنسجة عنق الورقة، و١,١٪ فى أنسجة نصل الورقة. وينخفض تركيز البوتاسيوم فى النبات مع تقدمه فى العمر، كما هو مبين فى جدول (٦–٩).

ويمكن — كذلك — الاستفادة من اختبار البوتاسيوم فى أعناق الأوراق فى الاستدلال على تركيز البوتاسيوم فى الأوراق؛ حيث إن الارتباط قوى بين الصفتين (Hochmuth ١٩٩٤). ويرى Westermann وآخرون (١٩٩٤ب) أن الحصول على أعلى محصول من البطاطس يتطلب أن يكون تركيز البوتاسيوم فى أعناق الأوراق — عند عمر ١٠٠ يوم بعد الزراعة — أعلى من ٤,٥٪.

جدول (٦–٩): مستوى البوتاسيوم فى نبات البطاطس فى مراحل النمو المختلفة عند اختلاف مستوى التسميد.

مستوى التسميد	تركيز النيتروجين فى مراحل النمو المختلفة (بالجزء فى المليون على أساس الوزن الجاف)			المحصول المتوقع
	بداية النمو	مرحلة	قرب الحصاد	
منخفض	٩	٧	٤	منخفض
جيد	١١	٩	٦	مرتفع

وقد كان الارتباط بين تركيز البوتاسيوم فى عنق الورقة الرابعة من القمة النامية ومحصول النبات معنويًا جدًا وموجبًا، وخاصة عند عمر ٣٠ يومًا (r = ٠,٩٥) (Sharma & Arora ١٩٨٩). ويستدل من الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن بخصوص العلاقة بين المحصول وتركيز البوتاسيوم فى كل من الأوراق وأعناق الأوراق، أن المحصول النسبى بلغ ٩٥٪ – ١٠٠٪ من أعلى محصول متوقع عندما كان تركيز البوتاسيوم – بعد ٣٠ يومًا، و٤٥ يومًا، و٦٠ يومًا من الزراعة – فى الحدود المبينة فى جدول (٦–١٠).

جدول (٦–١٠): تركيز البوتاسيوم فى كلٍ من الورقة الرابعة وعنق الورقة الرابعة من القمة النامية بعد ٣٠، و٤٥، و٦٠ يومًا من الزراعة عندما يكون المحصول فى حدود ٩٥٪ – ١٠٠٪ من أعلى محصول متوقع.

الجزء النباتى المستعمل فى التحليل	تركيز البوتاسيوم (٪ على أساس الوزن الجاف) عند عمر (يوم)		
	٣٠	٤٥	٦٠
الورقة الرابعة	٥,٠٤– ٥,١٥	٤,١٧–	٣,٦٨– ٣,٨٩
عنق الورقة الرابعة	٨,١٥– ٨,٤٩	٧,٧٠–	٧,١٢– ٧,٦٠

وقد وجد Fontes وآخرون (١٩٩٦) أن تركيز الكالسيوم والمغنيسيوم فى أعناق أوراق البطاطس بعد ٤٨ يومًا من الإنبات – نقص بازدياد معدل التسميد البوتاسى بين صفر،

و٩٦٠ كجم K_2O للهكتار، فى الوقت الذى ازدادت فيه نسبة البوتاسيوم إلى الكالسيوم + المغنيسيوم بزيادة معدلات التسميد. وقد وصل البوتاسيوم إلى أعلى تركيز له فى أعناق كلٍ من أصغر الأوراق المكتملة النمو، وأكبر الأوراق التى لم تدخل بعد مرحلة الشيخوخة (١٠,٤٤٪، وحوالى ٧,١٣٪ على أساس الوزن الجاف، على التوالى) عندما بلغ معدل التسميد البوتاسى ٦٦٠ كجم K_2O للهكتار. وكانت نسبة البوتاسيوم إلى الكالسيوم + المغنيسيوم فى أعناق أصغر الأوراق المكتملة النمو عند أعلى محصول هى ٧,٢٤٪، بينما بلغ تركيز البوتاسيوم فى أعناق الأوراق — على أساس الوزن الجاف — حينئذٍ — ٨,٩١٪ فى أصغر الأوراق المكتملة النمو، و٦,١٦٪ فى أكبر الأوراق التى لم تدخل بعد فى مرحلة الشيخوخة.

كما يمكن الاستفادة من تحليل البوتاسيوم فى أعناق الأوراق خلال مختلف مراحل النمو فى التعرف على المستوى المناسب للنمو الجيد، كما يلى:

مرحلة النمو	التركيز الكافى من البوتاسيوم (٪)
١	—
٢	٨– ١١
٣	٦– ٩
٤	٤– ٦

هذا ويبلغ امتصاص البوتاسيوم حوالى ١,٥– ٣,٥ كجم يوميًّا خلال المرحلة الثالثة للنمو (مرحلة الـ bulking أو زيادة الدرنات فى الحجم)، ويمكن أن يتحقق ذلك فى الأراضى الرملية عن طريق الفرتجة.

ولا تجوز إضافة كمية كبيرة من البوتاسيوم إلى جانب التقاوى عند الزراعة حتى لا يتسبب ذلك فى زيادة تركيز الأملاح حول الدرنات النابتة، ولا فى التربة الرملية بصورة عامة حتى لا يُفقد جزء كبير منه بالرشح.

لقد أظهر التحليل السريع للبوتاسيوم فى عنق الورقة باستخدام جهاز قياس تركيز أيون البوتاسيوم المحمول.. أظهر تأكيدًا لظاهرة الاستهلاك الترفى للعنصر، وارتبط تركيز أيون البوتاسيوم بعنق الورقة بمحتوى العنصر فى كل من النموات الخضرية والدرنات، ومستوى البوتاسيوم المتراكم فى النبات. كان تحليل البوتاسيوم فى عنق الورقة دليلاً جيدًا لمستوى البوتاسيوم فى النبات (Shi وآخرون ٢٠١٩).

الكالسيوم

يُمتص الكالسيوم مع الماء الذى تمتصه الجذور، ثم ينتقل إلى أعلى فى النبات إلى أن يفقد بالنتح؛ ولذا.. يزداد تركيز الكالسيوم فى الأعضاء النباتية التى تنتح أكثر من غيرها؛ مثل الأوراق؛ ومن ثم.. فإن الدرنات — التى توجد فى وسطٍ تبلغ رطوبته النسبية حوالى ١٠٠٪ – لا يمكنها منافسة الأجزاء العليا للنبات على الكالسيوم؛ لقلة ما يصل إلى أنسجتها من ماء، مقارنة بالأنسجة النباتية الأخرى؛ الأمر الذى يؤدى إلى انخفاض محتواها من الكالسيوم مقارنةً بالأوراق، ويعرضها إلى ظهور أعراض نقص العنصر عليها، والتى تتمثل فى العيب الفسيولوجى: التبقع البنى الداخلى.

وقد اكتشف منذ عام ١٩٨٥ وجود جذور دقيقة فعّالة على درنات البطاطس، وعند موضع اتصال الدرنات بالسيقان الجارية، وأن هذه الجذور تُسهم بفعالية فى إمداد درنات البطاطس النامية بالماء ومختلف العناصر المغذية، وبخاصة الكالسيوم. وتبين أن هذه الجذور تنشأ من الخلايا البرانشيمية المجاورة للنسيج الوعائى، وأنها تشبه الجذور العادية فى تركيبها التشريحى. وقد أدت إضافة الكالسيوم فى منطقة الدرنات والسيقان الأرضية إلى زيادة تركيزه فى الدرنات بدرجة أكبر بكثير مما لو أضيف الكالسيوم إلى المجموع الجذرى العادى للنبات؛ حيث ينتقل الكالسيوم الممتص — حينئذ — إلى النموات الخضرية.

ويفيد التسميد بالكالسيوم فى زيادة تحمل النباتات للحرارة العالية؛ حيث تكون النباتات المسمدة جيدًا بالكالسيوم فى هذه الظروف أقوى فى نموها الخضرى من النباتات غير المسمدة جيدًا بالعنصر تحت نفس الظروف (Palta ١٩٩٦).

هذا.. ويُعد محتوى الدرنات من الكالسيوم صفة وراثية تختلف باختلاف الأصناف. وعمومًا.. فإن الأصناف ذات الجلد الخشن (الشبكى) russeted يكون محتوى درناتها من الكالسيوم أعلى مما فى أصناف الشبس. هذا.. إلاّ أن جميع الأصناف تستجيب للتسميد بالكالسيوم. وفى كثير من الأصناف يفضل أن يصل تركيز الكالسيوم فى نسيج الدرنة الداخلى إلى حوالى ٢٠٠ جزء فى المليون (Palta ٢٠١٨).

المغنيسيوم

يتراوح المحتوى الطبيعى لأوراق البطاطس من عنصر المغنيسيوم خلال أقصى مراحل النمو الخضرى بين ٠,٣٪ و٠,٤٪ على أساس الوزن الجاف، وذلك عندما يتوفر العنصر للنبات بصورة كافية لاحتياجاته منه. وتبلغ نسبة العنصر فى الدرنات حوالى ٠,١٥٪ (أيضًا على أساس الوزن الجاف). وتقدر الكمية الإجمالية من العنصر التى تصل إلى مختلف الأجزاء النباتية — الهوائية منها والأرضية — حوالى ٢٠ كجم Mg/ هكتار (حوالى ٨ كجم Mg/ فدان). أو نحو ٣٥ كجم MgO/هكتار (حوالى ١٥ كجم MgO/ فدان).

وكما أسلفنا .. فإن من أعراض نقص المغنيسيوم اصفرار المساحات بين العروق فى الأوراق المسنة، ثم موت الأنسجة فى تلك المناطق، بينما تبقى حواف الورقة خضراء فى البداية، ثم تتحول إلى اللون الأصفر مع استمرار نقص العنصر.

وتجدر الإشارة إلى أن الإفراط فى التسميد البوتاسى يساعد على ظهور أعراض نقص المغنيسيوم، بينما يساعد التسميد الآزوتى الجيد على تخفيف حدة أعراض نقصه. وعلى الرغم من أن أيون الأمونيوم يحد من امتصاص أيون المغنيسيوم، إلا أن النيتروجين الأمونيومى غالبًا ما يتحول فى التربة إلى نيتروجين نتراتى؛ حيث يمتصه النبات على هذه الصورة؛ لذا .. فإن التسميد الآزوتى — على أى من صورتيه — يخفف من حدة أعراض نقص المغنيسيوم.

العناصر الدقيقة

الحديد

من أهم أعراض نقص الحديد — كما أسلفنا — ظهور اصفرار عام على الأوراق الحديثة، مع بقاء العروق — غالبًا — خضراء اللون. وتظهر أعراض نقص العنصر — عادة —

عندما يقل تركيزه فى التربة عن ٤,٥ جزءًا فى المليون عند استخلاصه بالـ DTPA. كذلك تظهر أعراض نقص الحديد عندما ينخفض تركيزه فى النموات الخضرية عن ٥٠ جزءًا فى المليون على أساس الوزن الجاف. وأفضل وسيلة لإعطاء النباتات حاجتها من العنصر هى رشها مرة أو مرتين بمحلول سلفات الحديدوز $FeSO_4$ بتركيز ٠,٥٪ – ٢,٠٪.

الزنك

تظهر أعراض نقص العنصر – عادة – عندما ينخفض تركيزه فى الأوراق عن جزأين فى المليون على أساس الوزن الجاف؛ بينما يجب أن تحتوى الورقة التى أكملت نموها حديثًا – فى بداية مرحلة الإزهار – على أكثر من ٢٠ جزءًا فى المليون من الزنك.

ويتوقع ظهور أعراض نقص الزنك إذا انخفض تركيزه فى التربة عن ٠,٨ جزءًا فى المليون عند استخلاصه بالـ DTPA.

ويعالج نقص العنصر برش النموات الخضرية بمحلولٍ من كبريتات الزنك.

المنجنيز

تظهر أعراض نقص المنجنيز – عادة – فى الأراضى الرملية الجيرية. ولتجنب تعرض محصول البطاطس لنقص العنصر يجب ألا يقل تركيزه فى التربة عن جزء واحد فى المليون عند استخلاصه منها بالـ diethylenetriamine pentaacetic acid (اختصارًا: DTPA). ويراعى التسميد بالمنجنيز إذا نقص تركيزه فى النبات عن ٢٥ جزءًا فى المليون على أساس الوزن الجاف، أو بمجرد ملاحظة ظهور أعراض نقص العنصر على النبات.

ويمكن التسميد بالمنجنيز إما برش النباتات بنحو ٥٠٠ لتر/ هكتار (٢١٠ لترات/فدان) بمحلول من سلفات المنجنيز بتركيز ١,٥٪، وإما بإضافة سلفات المنجنيز إلى التربة – إذا أظهر التحليل انخفاض تركيزه فيها عن جزء واحد فى المليون – وذلك – بمعدل ٥٠ كجم/ هكتار (حوالى ٢٠ كجم/فدان).

ويستدل من تحليل العناصر الدقيقة فى عنق الورقة الرابعة من قمة النبات (أحدث الأوراق المكتملة التكوين) على مدى كفاية أو نقص تلك العناصر فى النبات، كما يلى (Lang وآخرون ١٩٩٩):

العنصر	التركيز بالجزء فى المليون		
	منخفض	حدّى	كاف
البورون	١٠ >	١٠– ٢٠	٢٠ <
النحاس	٢ >	٢– ٤	٤ <
الحديد	٢٠ >	٢٠– ٥٠	٥٠ <
المنجنيز	٢٠ >	٢٠– ٣٠	٣٠ <
الزنك	١٠>	١٠– ٢٠	٢٠ <

العوامل التى يجب أخذها فى الحسبان عند التسميد

تضاف معظم أسمدة البطاطس عند زراعتها آليًّا فى الأراضى المتوسطة والثقيلة القوام مرة واحدة مع الزراعة فى عملية واحدة؛ حيث يوضع السماد فى مستوى أسفل قطعة التقاوى، وإلى الجانب بنحو ٥– ٨ سم. ولا يلزم عادة إضافة أى أسمدة أخرى بعد الزراعة، باستثناء الأسمدة الآزوتية التى قد تلزم إضافة المزيد منها إلى جانب النباتات فى الأراضى الخفيفة، وفى حالات كثرة الأمطار، ويكون ذلك عادة قبل بداية مرحلة تكوين الدرنات.

ويعتبر التسميد ضرورةٌ لابد منها فى جميع أنواع الأراضى، حتى لو كانت التربة أو مياه الرى غنية ببعض العناصر، كما هى الحال بالنسبة لعنصر البوتاسيوم أحيانًا؛ ذلك لأن التربة مهما ارتفع محتواها من البوتاسيوم أو غيره من العناصر — لا يمكنها إمداد النبات بحاجته المتزايدة من العنصر خلال الفترات القصيرة التى تزداد فيها حاجة النبات إلى مختلف العناصر.

النيتروجين

وجد Westermann وآخرون (١٩٩٤) أن محصول البطاطس يزداد بزيادة معدلات التسميد للهكتار حتى ٢٢٤ كجم من النيتروجين (٩٣ كجم للفدان)، و٤٤٨ كجم من

K_2O (١٨٧ كجم للفدان)، ولكن زيادة النيتروجين إلى ٣٣٦ كجم للهكتار (١٤٠ كجم للفدان) كان لها تأثير سلبى على المحصول.

هذا.. إلا أن دراسات Joern & Vitosh (١٩٩٥أ) التى أجرياها فى تربة رملية أوضحت أن التسميد الآزوتى بمعدل ١١٢ كجم نيتروجينًا للهكتار (٤٧ كجم للفدان) كان كافيًا لإعطاء محصول جيد من البطاطس، ولكن التربة المستعملة فى تلك الدراسة كانت غنية أصلاً فى النيتروجين؛ إذا إن النباتات امتصت النيتروجين من التربة بمعدلات وصلت — عند بداية مرحلة الشيخوخة — إلى نحو ٢٢٥ كجم للهكتار (٩٤ كجم للفدان). ومن بين الكمية الكلية الممتصة من النيتروجين كانت ٦٧٪ منها فى الدرنات.

وعندما استعمل الباحثان (Joern & Vitosh ١٩٩٥ب) نظير النيتروجين N^{15} فى التسميد، وجدا أن كفاءة امتصاص النيتروجين — فى بداية مرحلة الشيخوخة — كانت ٥٢٪ للنبات كله، و٣٤٪ للدرنات وحدها . وبعد الحصاد وُجد ٢٧٪ من النيتروجين الذى استعمل فى التسميد فى التربة حتى عمق ١٢٠ سم، وكانت نحو ٨٣٪ من هذه الكمية فى الثلاثين سنتيمترًا العلوية من التربة، كما كانت ٩٠٪ منها فى الصورة العضوية. وقد بلغت كميات النيتروجين التى امتصتها النباتات، وتلك التى وجدت فى التربة بعد الحصاد حوالى ٦٣٪ من الكمية الكلية التى استعملت أصلاً فى التسميد.

وبصورة عامة .. تقل معدلات تسميد حقول البطاطس المنتجة بغرض التصنيع بمقدار ١٠٪ إلى ٢٠٪ (وخاصة التسميد الآزوتى) عن معدلات تسميد نظيراتها فى حقول الاستهلاك الطازج لتحقيق هدفين، هما:

١– زيادة الكثافة النوعية ونسبة المادة الجافة بالدرنات حتى لا تكون المنتجات المصنعة زيتية المظهر (كلما انخفضت نسبة المادة الجافة — أى كلما ازدادت نسبة الرطوبة — كلما ازداد الفقد الرطوبى أثناء القلى، وزاد معه تشبع البطاطس بالزيت الذى يحل محل الماء المفقود، وكلما ازداد استهلاك الزيت).

٢- خفض نسبة السكريات المختزلة التي يزيد معها التلون البني للشيبس والبطاطس المقلية.

ولنفس هذه الأسباب يجب خفض معدلات التسميد الآزوتي كثيرًا في نهاية موسم النمو في الحقول المزروعة لأجل التصنيع، أو وقف التسميد الآزوتي كليًّا في تلك المرحلة.

إن احتمالات انخفاض الكثافة النوعية للدرنات وارتفاع محتواها من النيتروجين النتراتي تزداد عندما يزيد معدل التسميد الآزوتي عما يلزم لإنتاج أعلى محصول من الدرنات (Bélanger وآخرون ٢٠٠٢).

إن المغالاة في أي من التسميد الآزوتي أو البوتاسي — مع غنى التربة بأي من هذين العنصرين – قد تؤدي إلى خفض محتوى المواد الصلبة بالدرنات. هذا بينما قد يؤدي التسميد الفوسفاتي إلى تحسين الكثافة النوعية للدرنات عند انخفاض مستوى الفوسفور في التربة.

كذلك فإن الأسمدة ذات مؤشر (دليل) الملوحة salt index العالي تؤدي إلى خفض الكثافة النوعية للدرنات بدرجة أكبر مما تُحدثه الأسمدة الأقل في مؤشر الملوحة (Loboski & Kelling ٢٠٠٧).

وقد أدت زيادة معدلات التسميد الآزوتي (لصنف البطاطس Russet Burbank) من صفر إلى ٣٠٠ كجم N للهكتار (صفر إلى ١٢٦ كجم N للفدان) إلى زيادة المساحة الورقية، والقدرة على استقبال الأشعة الشمسية، وطول فترة امتصاص النيتروجين، والمحصول الكلي، ولكن دون التأثير على كفاءة استقبال الأشعة الشمسية، أو معدل امتصاص النيتروجين، أو معدل الزيادة في نمو الدرنات. هذا.. وقد تضاءل معدل استخدام النباتات للنيتروجين المضاف من ١٠٠٪ عندما أضيف ٧٥ كجم نيتروجين للهكتار (٣١,٥ كجم نيتروجين للفدان) إلى ٥٨٪ عندما أُضيف النيتروجين بمعدل ٣٠٠ كجم للهكتار (Martin ١٩٩٥).

يفـضل — دائمًـا — أن يكـون التـسميد الآزوتـى فـى صـورتى العنـصر: النتراتيـة والأمونيومية؛ حيـث يـؤدى التـسميد بمخلـوط مـن الـصورتين — مقارنـة بالتـسميد بإحـدى الصورتين فقط، مع استعمال كمية العنصر ذاتها — إلى زيادة تركيز النـيتروجين وتراكمـه فـى النموات الخضرية والجذور، وزيادة الوزن الجاف للنبات. وحدث أعلى تراكم للمـادة الجافـة عنـدما كـان النـيتروجين الأمونيـومى بنـسبة ٨٪ — ٢٠٪ مـن الآزوت الكلـى المـستخدم فـى التسميد. وبينما أدى التسميد بالنيتروجين الأمونيومى منفـردًا إلى زيـادة تركيـز الفوسـفور فـى النمـوات الخـضرية، فإنـه أدى — فـى المقابـل — إلى انخفـاض تركيـز عنـصرى الكالـسيوم والمغنيسيوم (Cao & Tibbits ١٩٩٣).

كمـا لم يجـد Martin وآخـرون (١٩٩٣) فائـدةً مـن المعاملـة بمثـبط النترتـة dicyandiamide، إلا أن إضـافة isobutyldine diurea بمعـدل ٥,٦، أو ١١,٢ كجـم للهكتار (٢,٣ أو ٤,٦ كجم للفدان) أدت إلى زيادة محصول الدرنات، وتركيز النيتروجين فى الأوراق عند الإزهار.

الفوسفور

يؤدى التسميد الفوسفاتى الجيد فى الأراضى الفقيرة فى الفوسفور إلى سـرعة تكـوين نمو خضرى جيد خلال فترة قصيرة؛ بما يسمح بزيادة الاستفادة — مبكرًا — من الأشـعة الشمسية الساقطة؛ الأمر الذى يؤدى إلى زيادة المحصول (Jenkins & Ali ١٩٩٩).

وتتعين إضافة السماد الفوسفاتى للبطاطس فـى التربـة قبـل الزراعـة لتتحقـق أكـبر استفادة منه فـى الأراضـى الجيريـة، حيـث يـؤدى ذلـك إلى زيـادة المحـصول وصـفات الجودة. وتكون استفادة النباتات من الفوسفور المضاف بطريقة الفرتجـة (مـع مـاء الـرى) أثناء النمو النباتى ضعيفة (Hopkins وآخرون ٢٠١٠).

وحسبما وجد Papadopoulos (١٩٩٢) .. فإن أفـضل تركيـز للتـسميد بالفوسـفور مع مياه الرى بالتنقيط هو ٤٠ جزءًا فى المليون P_2O_5 (٤٠ جرامًا من P_2O_5 فى كل مـتر مكعب من مياه الرى)، علمًا بأن الرى كان بمعدل ٠,٨ من الـ USWB Class A pan؛

فعند هذا التركيز للفوسفور فى مياه الرى كان تركيز العنصر فى أعناق الأوراق كما يوصى به للحصول على أعلى محصول وأفضل نوعية للدرنات. كما أعطى هذا التركيز أعلى محصول من البطاطس، مقارنة بتركيز صفر، و٢٠، و٦٠ مجم P_2O_5 فى مياه الرى.

وتفيد عدوى نباتات البطاطس بفطريات الميكوريزا vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (مثل *Glomus intraradices*، و*G. dimorphicum*، و *G. mosseae*) .. تفيد فى تحسين امتصاص النباتات للفوسفور؛ سواء أكان مستوى العنصر فى التربة منخفضًا، أم جيدًا. كذلك أدت المعاملة إلى تحسين امتصاص النباتات لعناصر النيتروجين، والفوسفور، والمغنيسيوم، والحديد، والزنك فى النباتات النامية فى مستويات منخفضةٍ من الفوسفور، مع زيادة معدلات نمو هذه النباتات (McArthur & Knowles ١٩٩٣).

ويجب أن يزيد تركيز الفوسفور الذائب بأعناق الأوراق عن ١٠٠٠ جزء فى المليون (٠,٢٢٪ فوسفور كلى) حتى اكتمال النمو النباتى.

ويمكن تحويل تركيز الفوسفور الكلى (٪) بالأعناق إلى فوسفور ذائب (بالجزء فى المليون) بالمعادلة التالية:

الفوسفور الذائب (بالجزء فى المليون) = [٥٦٠٠ × (النسبة المئوية للفوسفور الكلى)^2] + [٣٦٢٠ × النسبة المئوية للفوسفور الكلى)] — ١٠(Lang وآخرون ١٩٩٩).

ولقد أُوصى فى الأراضى الرملية الجيرية بتسميد البطاطس باليوريا فوسفيت urea phosphate بطريق الفرتجة يوميًّا للحصول على أعلى مردود اقتصادى. فعندما قُورن التسميد بالفرتجة يوميًّا أو كل يومين أو ثلاثة أيام بأى من اليوريا فوسفيت أو فوسفات أحادى البوتاسيوم.. وُجد أن اليوريا فوسفيت خفضت رقم الـ pH فى التربة بما مقداره ٧,٢٪ وزادت من تيسر الفوسفور بنحو ٢٤٪، مقارنة بما أحدثته الفرتجة بفوسفات أحادى البوتاسيوم. وأدى التسميد اليومى بالفوسفور بطريق الفرتجة إلى زيادة العنصر فى أعناق الأوراق بنحو ١٩٪–٤٧٪، مقارنة بما حدث عند الفرتجة كل ثلاثة أيام. كذلك

كان استعمال الفوسفور والماء أكثر كفاءة فى حالة الفرتجة اليومية، وكانت اليوريا فوسفيت أكثر كفاءة فى هذا الشأن. وقد أدت الفرتجة اليومية باليوريا فوسفيت إلى زيادة المحصول الصالح للتسويق بنسبة ٢٢٪، مقارنة بالتسميد بفوسفات أحادى البوتاسيوم كل ثلاثة أيام (Eissa ٢٠١٩).

البوتاسيوم

أدى التسميد بالبوتاسيوم بمعدل ٦٢٧,٢ كجم K_2O للهكتار (٢٦٠ كجم للفدان) إلى نقص التلون الإنزيمى وتركيز الفينولات فى الدرنات، مع زيادة محتواها من حامض الأسكوربيك، والدهون، والرطوبة، وكانت هذه التأثيرات — سواء أكانت بالنقص، أم بالزيادة — عندما استعمل سماد كلوريد البوتاسيوم أكثر وضوحًا مما كان عليه الحال عندما استعمال سماد كبريتات البوتاسيوم (Mody & Munshi ١٩٩٣).

ويحتوى معدن البولى هاليت polyhalite على عناصر البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت، وقد وُجد أنه يصلح كمصدر جيد للبوتاسيوم للبطاطس؛ حيث أنتج محصولاً مماثلاً أو أعلى من المحصول الذى أُنتج باستعمال كلوريد البوتاسيوم، أو كبريتات البوتاسيوم كمصدر للعنصر (da Costa Mello وآخرون ٢٠١٨).

الكالسيوم

نظرًا لأن الكالسيوم ينتقل فى النبات مع تيار الماء المفقود بالنتح، ونظرًا لأن الدرنات تكون محاطة بتربة رطبة ويكون نتحها شبه معدوم؛ لذا.. فإنه لا يصلها من الكالسيوم الممتص بواسطة الجذور الرئيسية مع الماء الذى تحتاجه النموات الخضرية سوى أقل القليل. ولتحسين مستوى الكالسيوم فى الدرنات، فإن ذلك يحدث عند امتصاصه من التربة المحيطة بها مباشرة بواسطة الجذور الصغيرة جدًّا التى تنمو على الدرنات ذاتها وعند موضع اتصال الدرنات بالمدادات، وعلى المدادات. هذا علمًا بأن غسيل الكالسيوم من التربة السطحية — حيث توجد الدرنات — إلى عمق أكبر يحرم الدرنات من الاستفادة منه.

وتُعد الوسيلة الفعالة لتحسين مستوى الكالسيوم فى التربة السطحية هى باستعمال أسمدة كالسيوم سائلة ذائبة من خلال نظام الرى خلال مرحلة ازدياد الدرنات فى الحجم. ويوصى بإضافة نحو ٥٠–٧٥ كجم من الكالسيوم/فدان (١٢٠–١٨٠ كجم/هكتار) على ثلاث دفعات يفصل بينها ٢–٣ أسابيع بدءًا من مرحلة وضع الدرنات. وإذا احتوى مصدر الكالسيوم على نيتروجين — مثلما الحال فى نترات الكالسيوم — فإنه يتعين أخذ ذلك فى الحسبان عند حساب احتياجات النيتروجين خلال الموسم.

وكما ذكرنا من قبل، فإن الدرنات تحصل على الكالسيوم من التربة المحيطة بها، ومن ثم فإن إضافة أسمدة الكالسيوم عند جورة الزراعة يُعد أنسب وسيلة لتعزيز امتصاص الدرنات للكالسيوم فى حالة عدم إمكان إضافته مع ماء الرى، على أن يبدأ التسميد مع آخر عزقة ومع خلط السماد بالتربة. ونظرًا لزيادة احتمالات فقد الكالسيوم الذائب فى الأراضى الرملية، فإنه يكون من المفضل استخدام مركبات أقل قابلية للذوبان مثل الجبس. أما فى الأراضى الأثقل فإنه يمكن إضافة المركبات المحببة القابلة للذوبان مثل نترات الكالسيوم، مع خلطها بتربة الجورة.

وجدير بالذكر أن البطاطس لا تستجيب للكالسيوم المضاف خلال موسم النمو إذا تراوح محتوى الكالسيوم المتبادل فى التربة بين ٣٠٠، ١٣٠٠ جزءًا فى المليون، ويعادل ذلك حوالى ٣٠٠–١٣٠٠ كجم من الكالسيوم المتبادل/فدان. ويتبين من ذلك المدى الواسع أن اختبار تقدير الكالسيوم فى التربة لا يُعوَّل عليه فى تقدير الحاجة للتسميد بالكالسيوم. وعمومًا فإن معظم الكالسيوم فى التربة لا يكون ذائبًا، ومن ثم لا يكون ميسرًا للدرنات. وطبيعى أن ارتفاع نتيجة تحليل الكالسيوم بالتربة يكون أفضل للنبات. ونظرًا لأن الكالسيوم أحد القواعد فى التربة، فإنه يفضل ألاّ تقل نسبة الكالسيوم عن ٦٠٪ من القواعد الكلية: K + Mg +Ca (Palta ٢٠١٨).

ويفيد التسميد بالكالسيوم حتى ٢٧٠ كجم CaO للهكتار (١١٢,٥ كجم للفدان) قبل الزراعة فى صورة كبريتات كالسيوم (جبس زراعى)، أو ٦٨ كجم CaO للهكتار

(٢٨ كجم للفدان) أثناء النمو النباتى فى صورة نترات كالسيوم.. يفيد فى خفض معدلات إصابة الدرنات بالتبقع البنى الداخلى — وهو عيب فسيولوجى — وفى تحسين لون البطاطس المحمرة الناتجة منها (Clough ١٩٩٤).

وأدت إضافة كربيد الكالسيوم CaC_2 المكبسلة encapsulated بمعدل ٦٠ كجم للهكتار (٢٥ كجم/ فدان) إلى منطقة نمو جذور البطاطس عند الزراعة، ثم بعد أسبوعين من الزراعة إلى إحداث زيادة فى النمو الخضرى والوزن النباتى الكلى وعدد الدرنات وزيادة فى المحصول الكلى تراوحت بين ٤٠٪، و٥٠٪ (Abassi وآخرون ٢٠٠٩).

تنخفض حالات الإصابة بالبقع السوداء فى درنات البطاطس جوهريًّا بالمعاملة بالكالسيوم، كما تنخفض — كذلك — جوهريًّا أضرار الخدوش، ويعتقد بأن لذلك علاقة بدور الكالسيوم فى تحسين كفاءة الأغشية الخلوية وبنيان الجدر الخلوية، ولدوره فى تنظيم الاستجابات الفسيولوجية (Karlsson وآخرون ٢٠٠٦).

هذا .. ويتراكم الكالسيوم فى النموات الخضرية للبطاطس بدرجة أكبر عما يحدث فى الدرنات؛ ذلك لأن الكالسيوم الممتص ينتقل فى النبات مع الماء الذى يكون تحركه نحو الأجزاء النباتية التى تفقد الماء بالنتح، وخاصة الأوراق. ونظرًا لأن درنات البطاطس تكون محاطة بالتربة المشبعة بالرطوبة فإنها لا تفقد أى من مائها؛ ومن ثم لا يصلها سوى القليل من الكالسيوم الذى تحصل عليه مع الماء الذى يدخل فى تركيب أنسجتها. ولقد وجد أن المدادات الأرضية وأماكن اتصالها بالدرنات والدرنات ذاتها تحمل جذورًا ماصة دقيقة، هى التى تمد الدرنات بالكالسيوم والماء، بينما يمد المجموع الجذرى النموات الهوائية بالعنصر. وبذا.. فإن تركيز الكالسيوم بالدرنات يمكن زيادته بتغذية الدرنات بالكالسيوم خلال مرحلة ازديادها فى النمو والحجم أثناء موسم النمو، وذلك بتوفيره فى منطقة الدرنات والمدادات الأرضية. ولأن الدرنات وما يتصل بها من سيقان أرضية هى المصدر الوحيد للكالسيوم الذى يصل للدرنات، فإن الدرنات قد تتباين فى محتواها من الكالسيوم حسبما يتوفر حولها من العنصر (Palta ٢٠١٠).

ولزيادة محتوى الدرنات من الكالسيوم (بهدف زيادة مقاومتها للإصابة بالعفن الطرى البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica*، ولتجنب ظهور أعراض العيب الفسيولوجى التبقع البنى الداخلى عليها)، يوصى بأن يكون التسميد بالكالسيوم فى أماكن وجود الدرنات والسيقان الأرضية — لكى يحدث الامتصاص من خلال الجذور الدقيقة التى توجد على الدرنات ذاتها وعند موضع اتصالها بالجذور الأرضية — وبذا.. يصل العنصر إليها مباشرة. كما يحسن أن يكون جل التسميد بالكالسيوم فى مراحل النمو السريع للدرنات فى أواخر مراحل النمو النباتى. ويفضل استعمال الأسمدة الذائبة وإضافتها مع ماء الرى بالتنقيط. ولتحقيق زيادة ملموسة فى تركيز الكالسيوم فى الدرنات يلزم التسميد بنحو ١٧٠ كجم كالسيوم للهكتار (حوالى ٧٠ كجم للفدان) مع مياه الرى بالتنقيط (عن Palta ١٩٩٦).

العناصر الدقيقة

تؤدى زيادة الكالسيوم فى التربة — وخاصة فى صورة كربونات كالسيوم — إلى ضعف تيسر البورون. ويمكن معالجة نقص البورون برش النموات الخضرية بالسُليوبور Solubor (الذى يحتوى على ٢١٪ بورون) وليس بالبوراكس. وكإجراء وقائى — لتجنب ظهور أعراض نقص العنصر — يمكن إضافة البوراكس إلى التربة — مع الأسمدة الأخرى — بمعدل لا يزيد على ١٠ كجم للهكتار (٢,٤ كجم للفدان كحد أقصى)؛ وهو ما يعنى إضافة حوالى كيلو جرام واحد من البورون للهكتار، أو نحو ٢٤٠ جم من البورون للفدان.

كما وجد Mondy & Munshi (١٩٩٣) أن رش نباتات البطاطس بعد ١٠ أسابيع، و ١٣ أسبوعًا من الزراعة بالبوراكس بمعدل ٣,٣٦ كجم/ هكتار (١,٤ كجم/فدان) أدى إلى نقص التلون الإنزيمى بالدرنات، ونقص محتواها الفينولى، مع زيادة محتواها من حامض الأسكوربيك.

ويجب تجنب التسميد بأكثر من الكميات الموصى بها من البورون، وإلا ظهرت أعراض التسمم من البورون؛ الأمر الذى تزداد خطورته عند احتواء مياه الرى على أكثر من جزء واحد أو جزأين فى المليون من العنصر.

وبالنسبة للعناصر الدقيقة الأخرى فإن التركيز المناسب للعناصر الدقيقة فى الثلاثين سنتيمترًا العلوية من التربة (بالـ DTPA extraction) يبلغ ٠,٥ جزءًا فى المليون من البورون، وجزء واحد فى المليون من الزنك، و٦– ٨ أجزاء فى المليون من المنجنيز، و٤ أجزاء فى المليون من الحديد، و٠,٢ جزء فى المليون من النحاس (Hopkins وآخرون ٢٠١٠).

برامج التسميد

التسميد فى الأراضى الثقيلة

تنصح وزارة الزراعة فى مصر بأن يكون تسميد البطاطس فى الأراضى الثقيلة على النحو التالى:

١– يضاف ٢٠– ٣٠ م^3 من السماد البلدى القديم المتحلل وقت تجهيز الأرض للزراعة.

٢– يضاف – كذلك مع الأسمدة البلدية – ٦٠–٧٥ وحدة فوسفور فى صورة سماد سوبر فوسفات الكالسيوم، أى حوالى ٤٠٠– ٦٠٠ كجم من السماد للفدان.

٣– تضاف حوالى ١٥٠– ١٨٠ وحدة نيتروجين على ثلاث دفعات متساوية؛ كما يلى:

أ– عند الزراعة – مع الأسمدة البلدية والفوسفاتية – فى صورة سلفات نشادر.

ب– بعد تكامل الإنبات – أى بعد نحو ٤٠– ٥٠ يومًا من الزراعة – فى صورة سلفات نشادر كذلك.

ج– بعد ذلك بنحو أسبوعين، فى صورة نترات نشادر.

٤– تضاف حوالى ٧٢– ٩٦ وحدة بوتاسيوم – فى صورة سلفات بوتاسيوم – على دفعتين متساويتين: عند تكامل الإنبات، وبعد ذلك بنحو أسبوعين؛ أى مع الدفعتين الثانية والثالثة من الأسمدة الآزوتية (وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٤).

التسميد فى الأراضى الرملية

أولاً: التسميد السابق للزراعة

تضاف الأسمدة العضوية والكيميائية السابقة للزراعة بإحدى طريقتين، كما يلى:

١- نثرًا على سطح التربة، ثم تغطى بحراثة الحقل مرة أخرى؛ وتلك هى الطريقة المفضلة عندما يكون الرى بطريقة الغمر.

٢- سرًّا فى باطن خطوط الزراعة، وهى تتبع مع أىٍ من نظم الرى الثلاثة: بالغمر، أو بالرش، أو بالتنقيط.

ويتم التسميد بتخطيط الحقل أولاً على المسافات المرغوبة، ثم تضاف الأسمدة نثرًا فى باطن خطوط الزراعة ، ويلى ذلك شق خطوط جديدة بين الخطوط السابقة؛ الأمر الذى يؤدى إلى الترديم على الأسمدة المضافة تلقائيًا.

وتسمد حقول البطاطس — قبل الزراعة — بنحو ٣٠- ٦٠م^٣ من السماد البلدى (سماد الماشية) للفدان، علمًا بأن البطاطس تعد من أكثر محاصيل الخضر استجابة للتسميد العضوى. ويضيف بعض المزارعين كميات أكبر من ذلك تصل إلى ٨٠ م^٣ للفدان.

ويشترط فى السماد البلدى المستخدم أن يكون تام التحلل، وخاليًا من بذور الحشائش ومسببات الأمراض. فإن لم يكن كذلك.. وجب أن يحل محله زرق الدواجن، مع تخفيض الكمية المضافة منه إلى الثلث (أى حوالى ١٠- ٢٠ م^٣ فقط للفدان). ويفضل خلط السمادين بنسبة ٣ بلدى : ١ زرق الدواجن، مع الأخذ فى الحسبان أن وحدة الحجم من سماد زرق الدواجن تعادل فى قيمتها السمادية حوالى ثلاثة أمثالها من السماد البلدى (سماد الماشية)؛ وبذا.. يضاف ١٥- ٣٠ م^٣ فقط من السماد البلدى، وتستبدل الـ ١٥ — ٣٠م^٣ الأخرى بنحو ٥- ١٠ م^٣ من سماد زرق الدواجن؛ لتصبح النسبة ٣ : ١ من السمادين على التوالى.

وكقاعدة استرشادية.. يضاف السماد العضوى فى بطن خط الزراعة بمعدل متر مكعب واحد كل ١٢٠ مترًا طوليًّا من خط الزراعة، عندما تكون الكمية الموصى بها ٦٠ م^{3} للفدان، والمسافة بين خطوط الزراعة ٦٠ سم.

ويلى ذلك نثر الأسمدة الكيميائية — التى يُرغب فى إضافتها قبل الزراعة — على السماد العضوى، ويكون ذلك بالمعدلات التالية:

العنصر	صورة العنصر	الكمية (كجم)	السماد المفضل
النيتروجين	N	٢٠	سلفات النشادر
الفوسفور	P_2O_5	٤٥	السوبر فوسفات
البوتاسيوم	K_2O	٢٠	سلفات البوتاسيوم
المغنيسيوم	MgO	٥	سلفات المغنيسيوم

أى يضاف نحو: ١٠٠ كجم سلفات نشادر، و٣٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى، و٤٠ كجم سلفات بوتاسيوم، و٥٠ كجم سلفات مغنيسيوم للفدان.

وبالإضافة إلى ما تقدم.. يضاف الكبريت الزراعى إلى السماد العضوى — فى باطن خط الزراعة — بمعدل يتراوح بين ٢٥– ٥٠ كجم للفدان، وقد تضاف هذه الكمية نثرًا على سطح التربة. ويكون الهدف الأساسى من إضافة الكبريت — بأى من الطريقتين — هو خفض pH التربة فى منطقة نمو الجذور وليس التسميد بالكبريت؛ نظرًا لأن النبات يحصل على حاجته من عنصر الكبريت من مختلف الأسمدة السلفاتية، ومن الجبس الزراعى، وبعض المبيدات.

ثانيًا: أسمدة عناصر أولية تضاف عن طريق التربة، أو مع ماء الرى بعد الزراعة

لا تُعطى حقول البطاطس أية أسمدة قبل إنبات التقاوى، ثم توالى البطاطس بعد الإنبات بالتسميد بالعناصر الأولية بمعدل حوالى ١٠٠ كجم نيتروجينًا (N)، و ١٥ كجم فوسفورًا (P_2O_5)، و١٠٠ كجم بوتاسيوم (K_2O) للفدان على النحو التالى:

١– تستخدم اليوريا وسلفات الأمونيوم (بنسبة ١:١ من النيتروجين المضاف) كمصدر للنيتروجين خلال الأسابيع الثلاثة الأولى بعد الإنبات، ثم تستخدم سلفات

النشادر — منفردة — أو مع نترات الأمونيوم بعد ذلك. وتتوقف النسبة المستخدمة من النيتروجين النتراتى على درجة الحرارة السائدة؛ حيث تنتفى الحاجة إليه فى الجو الدافئ (لتحول الأمونيوم إلى نترات بسرعة فى هذه الظروف)، بينما تزيد الحاجة إليه (فى حدود ٢٥– ٥٠٪ من كمية النيتروجين الكلى المضافة) فى الجو البارد (Hochmuth ١٩٩٢).

هذا .. وتحصل نباتات البطاطس على كميات إضافية من النيتروجين تقدر بنحو ٢٠ كجم للفدان من حامض النيتريك الذى يستخدم فى إذابة الأملاح التى تسد النقاطات (بنسبة ٢ فى الألف كلما دعت الضرورة)،ولإذابة سلفات البوتاسيوم (كما سيأتى بيانه).

٢– يستخدم سوبر فوسفات الكالسيوم العادى، أو التربل سوبر فوسفات كمصدر للفوسفور فى حالة التسميد الأرضى، بينما يستخدم حامض الفوسفوريك فى حالة التسميد مع ماء الرى؛ حيث تقل فرصة تثبيت الفوسفور المضاف؛ لأن حامض الفوسفوريك يعمل على خفض pH ماء الرى؛ الأمر الذى يمنع ترسيب الفوسفور، حتى مع وجود الكالسيوم فى ماء الرى.

٣– تستخدم سلفات البوتاسيوم كمصدر للبوتاسيوم، ويلزم — فى حالة إضافتها مع ماء الرى — عمل عجينة من السماد مع حامض النيتريك بنسبة ٤ :١، وتركها يومًا كاملاً قبل إذابتها فى الماء، وأخذ الرائق للتسميد به.

كذلك يمكن استخدام أحد الأسمدة السائلة كمصدر للبوتاسيوم. وبالنظر إلى أن ما يوجد فى هذه الأسمدة من عنصر البوتاسيوم يكون جاهزًا لامتصاص النبات، ولا يفقد منه شيء؛ لذا .. يمكن — عند استخدامها — خفض كمية البوتاسيوم (K_2O) الموصى بها إلى النصف؛ فيستعمل منها ما يكفى لإضافة ٥٠ كجم K_2O للفدان مع ماء الرى، بالإضافة إلى الـ ٢٠ كجم الأخرى التى تضاف فى باطن الخط قبل الزراعة.

٤– توزيع كميات عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم المخصصة للمحصول على النحو التالى:

أ- يزداد معدل التسميد بالنيتروجين — تدريجيًّا — إلى أن يصل إلى أقصى معدل له بعد الإنبات بنحو ستة أسابيع، ثم تتناقص الكمية التى يسمد بها تدريجيًّا إلى أن يتوقف التسميد نهائيًّا قبل الحصاد بنحو أسبوعين.

ب- يزداد معدل التسميد بالفوسفور — سريعًا — بعد الإنبات، إلى أن يصل إلى أقصى معدل له بعد نحو خمسة أسابيع من الإنبات، ثم تتناقص الكمية المضافة — تدريجيًّا — إلى أن يتوقف التسميد بالفوسفور نهائيًّا قبل الحصاد بنحو ثلاثة أسابيع.

ج- يزداد معدل التسميد بالبوتاسيوم — ببطء — إلى أن يصل إلى أقصى معدل له بعد نحو ١٠- ١٢ أسبوعًا من الإنبات — حسب التبكير فى نضج الصنف المزروع — ثم تتناقص الكمية المضافة منه — تدريجيًّا — إلى أن يتوقف التسميد بالبوتاسيوم تمامًا قبل الحصاد بنحو أسبوع واحد.

٥- تحسب الكمية اللازمة من جميع الأسمدة لكل أسبوعٍ من موسم النمو — حسب مرحلة النمو النباتى — ثم تضاف بالكيفية التالية:

أ- فى حالة الرى السطحى

تخلط الأسمدة معًا، وتضاف على فترات أسبوعية — تكبيشًا — إلى جانب النباتات، وعلى مسافة ٧ سم من قاعدتها. ويمكن إضافة الأسمدة سرًّا إلى جانب النباتات عندما يكبر حجمها وتتشعب جذورها.

ب- فى حالة الرى بالرش

تخلط الأسمدة معًا. وتضاف نثرًا حول قاعدة النباتات على فترات أسبوعية. كذلك يمكن التسميد بالآزوت مع ماء الرى بالرش خلال النصف الثانى من حياة النبات، حينما تكون جذوره قد تشعبت فى الحقل إلى درجة تسمح بأكبر استفادة ممكنة من الأسمدة المضافة التى تتوزع مع ماء الرى فى كل الحقل. ويلزم فى هذه الحالة تشغيل جهاز الرى بالرش أولاً بدون سماد، لمدة تكفى لبلّ سطح التربة، وبل أوراق النبات،

وإلا فقد السماد بتعمقه فى التربة مع ماء الرى. يلى ذلك إدخال السماد مع ماء الرى لمدة تكفى لتوزيعه بطريقة متجانسة فى الحقل، ويعقب ذلك الرى بالرش دون تسميد لمدة ١٠– ١٥ دقيقة بغرض غسل السماد من على الأوراق، وتحريكه فى التربة، والتخلص من آثاره فى جهاز الرى بالرش.

كذلك يمكن باتباع الطريقة السابقة ذاتها التسميد بكل من عنصرى الفوسفور والبوتاسيوم – بالإضافة إلى النيتروجين – وذلك باستعمال الأسمدة المركبة السائلة أو السريعة الذوبان، كما قد تستعمل الأسمدة التجارية المفردة بالطريقة الموضحة تحت موضع التسميد فى حالة الرى بالتنقيط.

ج– فى حالة الرى بالتنقيط

يتم التسميد مع ماء الرى بالتنقيط – عادة – ست مرات أسبوعيًّا، ويخصص اليوم السابع للرى بدون تسميد.. وتوزع الأسمدة المخصصة لكل أسبوع على أيام التسميد الستة بأحد النظم التالية:

(١) تخلط جميع الأسمدة المخصصة لليوم الواحد، ويسمد بها معًا، وهذا هو النظام المفضل.

(٢) يخصص يومان للتسميد الآزوتى، ثم يوم للتسميد الفوسفاتى والبوتاسى ... وهكذا.

(٣) تخصص ثلاثة أيام منفصلة للتسميد الآزوتى، والفوسفاتى، والبوتاسى، ثم تعاد الدورة... وهكذا.

ويمكن – فى حالة التسميد مع ماء الرى بالتنقيط – استبدال الأسمدة التقليدية بالأسمدة المركبة السائلة، أو السريعة الذوبان إذا كان استخدامها اقتصاديًّا، ويتوقف تحليل السماد المستخدم على مرحلة النمو النباتى؛ حيث يمكن استعمال سماد تحليله ١٩–٦–٦ لمدة أربعة أسابيع بعد الإنبات، يحل محله سماد تركيبه ٢٠–٥–١٥ إلى نهاية الأسبوع الثامن، ثم يحل محله سماد تركيبه ١٥–٥–٣٠ إلى ما قبل الحصاد بنحو أسبوعين.

يكون استخدام هذه الأسمدة بكميات تفى بحاجة النباتات من عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم. وكما سبق أن أوضحنا.. فإن العناصر الغذائية فى تلك الأسمدة تكون جاهزة لأن تمتصها النباتات مباشرة، ولا يفقد منها شىء؛ لذا.. يمكن عند استخدامها خفض كمية عنصرى النيتروجين والبوتاسيوم الموصى بها إلى ٥٠ كجم N، و٥٠ كجم K_2O للفدان. أما الفوسفور.. فتبقى الكمية الموصى بها بعد الزراعة — وهى ١٥ كجم P_2O_5 للفدان — كما هى؛ نظرًا لأن التسميد المنفرد بالفوسفور يكون بحامض الفوسفوريك الجاهز للامتصاص السريع على أية حال.

ويكفى — عادة — نحو ١,٥ كجم (أو ١,٥ لترًا) من تلك الأسمدة للفدان يوميًّا بعد إنبات التقاوى، ثم تزداد الكمية — تدريجيًّا — إلى أن تصل إلى نحو ٣- ٤ كجم يوميًّا فى منتصف موسم النمو، ثم تتناقص — تدريجيًّا — إلى أن تصل إلى ١,٥ كجم للفدان يوميًّا — مرة أخرى — قبيل انتهاء موسم الحصاد.

وكما فى حالة التسميد بالأسمدة التقليدية .. يلزم تخصيص يوم واحد أو يومين أسبوعيًا للرى بدون تسميد؛ بهدف خفض تركيز الأملاح فى منطقة نمو الجذور.

هذا .. ويتعين عدم التسميد — مع ماء الرى — بالأسمدة التى تحتوى على أيونى الفوسفات (مثل حامض الفوسفوريك)، أو الكبريتات (مثل: سلفات الأمونيوم وسلفات البوتاسيوم) عند احتواء ماء الرى على تركيزات عالية من الكالسيوم؛ لكى لا يترسبا بتفاعلهما مع الكالسيوم.

ثالثًا: أسمدة عناصر كبرى أخرى تضاف بعد الزراعة

إن أهم العناصر الكبرى الأخرى — بخلاف عناصر: النيتروجين، والفوسفور والبوتاسيوم — هى عناصر: الكبريت، والمغنيسيوم، والكالسيوم.

يحصل النبات على حاجته من عنصر الكبريت — بصفة أساسية — من كبريتات الأمونيوم وكبريتات البوتاسيوم، وسوبر فوسفات الكالسيوم، والجبس الزراعى (الذى قد يستخدم لإصلاح الأراضى الشديدة القلوية — مع الغمر — كل سنتين)، والكبريت الزراعى

(الذى قد يستعمل بغرض خفض pH التربة)، بالإضافة إلى ما يوجد من كبريت بالأسمدة الورقية، وبعض المبيدات. ولا توجد حاجة إلى أية إضافات أخرى من هذا العنصر.

كذلك يحصل النبات على حاجته من المغنيسيوم من سلفات المغنيسيوم التى تضاف قبل الزراعة، بالإضافة إلى ما يتوفر من العنصر فى الأسمدة المركبة؛ سواء تلك التى تستخدم فى مد النبات بحاجته من العناصر الأولية (النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم)، أم الأسمدة الورقية؛ لذا .. لا يحتاج الأمر إلى مزيد من التسميد بالمغنيسيوم، إلاّ إذا ظهرت أعراض نقص العنصر؛ حيث يسمد — حينئذ — بكبريتات المغنيسيوم بمعدل ٥ كجم للفدان؛ إما رشًّا، وإما مع ماء الرى بالتنقيط، مع تكرار المعاملة أسبوعيًّا إلى أن تختفى أعراض نقص العنصر.

أما الكالسيوم .. فيحصل النبات على معظم حاجته منه من سوبر فوسفات الكالسيوم ومن الجبس الزراعى الذى قد تعامل به التربة، بالإضافة إلى ما قد يتوفر من العنصر فى الأسمدة المركبة بنوعيها. ويراعى — دائمًا — عدم إضافة الأسمدة المحتوية على الكالسيوم — إلى ماء الرى — مع الأسمدة التى تحتوى على أيونى الفوسفات، أو الكبريتات؛ لكى لا يترسبا بتفاعلهما مع الكالسيوم.

وإذا دعت الحاجة إلى التسميد بالكالسيوم، فإنه يمكن استعمال سماد نترات الكالسيوم الجيرى (عبود). يحتوى هذا السماد على عنصر النيتروجين — على صورة نترات — بالإضافة إلى الكالسيوم، كما أنه يخلف شوائب عند محاولة إذابته؛ لذا .. يجب خصم كمية النيتروجين المضافة — عند استعمال هذا السماد كمصدر للكالسيوم — من كمية النيتروجين الكلية التى يُرغب فى إضافتها، مع استعمال رائق السماد فقط فى التسميد.

رابعًا: أسمدة العناصر الصغرى

تستجيب البطاطس — كغيرها من محاصيل الخضر — إلى التسميد بالعناصر الصغرى: (الحديد، والزنك، والمنجنيز، والنحاس)، ولكنها تتعرض للتثبيت إذا كانت إضافتها عن طريق التربة، أو مع ماء الرى؛ لأن هذه العناصر تثبت فى الأراضى

القلوية، فى حين أن جميع الأراضى الصحراوية قلوية؛ لذا لا تفضل إضافة هذه العناصر عن طريق التربة إلا فى صورة مخلبية.

ويمكن إضافة ملح الكبريتات لهذه العناصر بطريقة الرش بمعدل ١– ١,٥ كجم مع ٤٠٠ لتر ماء للفدان. وإذا استخدمت الصورة المخلبية لهذه العناصر رشًّا على الأوراق .. فإنها تستعمل بمعدل ٠,٢٥– ٠,٥٠ كجم فى ٤٠٠ لتر ماء للفدان.

أما عنصر البورون .. فإنه يضاف دائمًا فى صورة معدنية على صورة بوراكس؛ إما عن طريق التربة بمعدل ٥– ١٠ كجم للفدان، وإما رشًّا على الأوراق بمعدل ١– ٢ كجم فى ٤٠٠ لتر ماء للفدان.

ويمكن استبدال الأسمدة المفردة — التى سبق ذكرها — بالأسمدة المركبة وهى كثيرة جدًّا. تعطى أربع رشات من هذه الأسمدة، تكون أولاها بعد إنبات التقاوى بنحو ثلاثة أسابيع ثم كل ثلاثة أسابيع بعد ذلك.

وعمومًا .. يُفيد رش الأوراق بأى من العناصر الدقيقة فى التغلب على أعراض نقصها، علمًا بأنها تنتقل بيسر وسهولة من الأوراق إلى الدرنات باستثناء البورون الذى يكون بطيئًا فى الانتقال. وتستعمل أملاح الكبريتات أو الصورة المخلبية لكل من عناصر المنجنيز والزنك والحديد، وقد تلزم عدة رشات من الحديد. أما البورون فقد يكون الرش ببورات الصوديوم أو السوليوبور solubor أو حامض البوريك. وبالمقارنة فإن النحاس — الذى قد يُستعمل فى صورة ملح الكبريتات أو الصورة المخلبية — يتوفر — عادة — فى عديد من المبيدات الفطرية (Hopkins وآخرون ٢٠١٠).

مراجع إضافية فى تسميد البطاطس

لمزيد من التفاصيل عن تسميد البطاطس .. يُراجع Lang وآخرين (١٩٩٩)، وHopkins وآخرين (٢٠١٠)، كما يُراجع Palta (٢٠١٠) بخصوص التسميد بالكالسيوم.

استعمالات منظمات النمو

تثبيط نمو البراعم

يكون الغرض من معاملة النباتات فى الحقل قبل الحصاد بمثبطات التبرعم Sprout inhibitors هو وقف تبرعم درنات المحصول المزمع مع تخزينه لفترة قبل استهلاكه؛ وذلك حتى لا تصل إلى المستهلك وهى نابتة.

وتجرى هذه المعاملة فى الحقل بأخذ المركبين التاليين:

١- الماليك هيدرازيد Maleic hydrazide:

الماليك هيدرازيد هو ملح البوتاسيوم لـ 1,2,dibydro-3,6-pyridazinedionc ويستخدم هذا المركب بتركيز ١٠٠٠-٦٠٠٠ جزء فى المليون عندما تبدأ الأوراق السفلى للنبات فى الاصفرار، ويكون ذلك عادة قبل الحصاد بنحو ٤-٦ أسابيع. وتكفى هذه المعاملة لمنع تزريع الدرنات المنتجة لمدة ستة أشهر عند تخزينها فى حرارة تتراوح من ٤-٢٠ °م، دون أن يكون للمعاملة أية تأثيرات جانبية على المحصول، أو الكثافة النوعية للدرنات. ومن الضرورى الالتزام بالتوقيت الصحيح للمعاملة، لأن إجراءها باكرًا عند وضع الدرنات يؤدى إلى نقص المحصول، وزيادة نسبة الدرنات المشوهة، بينما لا تكون المعاملة مجدية إذا أجريت بعد تمام تكوين الدرنات؛ لأن المادة يجب أن تُمتص عن طريق الأوراق الخضراء، وتسرى مع الغذاء المجهز إلى الدرنات؛ التى يكون قطرها عند المعاملة ٢,٥ سم، حتى تُحدث تأثيرها.

٢- ميثيل استرنفثالين حامض الخليك methyl ester of naphthalenc-acetic acid: هذا المركب قليل الاستعمال فى الحقل، وقد كان مستعملاً بكثرة فى معاملة الدرنات أثناء التخزين، وسيأتى شرحه فى الفصل الخاص بالتداول والتخزين.

كسر سكون درنات التقاوى

يستعمل حامض الجبريلليك فى كسر سكون الدرنات المستعملة كتقاو وتحفيز نمو براعمها: وذلك بغمر الدرنات فى محلول من منظم النمو بتركيز جزء واحد فى المليون

قبل زراعتها. وتسمح هذه المعاملة بزراعة التقاوى مباشرة، وتفيد — بصورة خاصة — مع الأصناف التى تمر بفترة سكونٍ طويلةٍ قبل أن تصبح قادرةً على الإنبات؛ مثل الأصناف ذات الدرنات الحمراء.

إنتاج درنات صغيرة الحجم

أفادت معاملة النموات الخضرية للبطاطس بالإثيفون بمعدل ٣٠٠ جم من المادة الفعالة للهكتار (١٢٥ جم/فدان) فى زيادة عدد الدرنات المتكونة مع نقص فى حجمها، مقارنة بمعاملة الشاهد. وقد صاحب هذه المعاملة نقص فى الكثافة النوعية للدرنات، وزيادة فى نسبة الدرنات المشوهة، مع نقص فى الإصابة بالقلب الأجوف، ولكن لم يتأثر لون البطاطس عند تحميرها (Rex ١٩٩٢). وربما تفيد هذه المعاملة فى حقول إنتاج التقاوى.

كذلك وجد Bandnra & Tanino (١٩٩٥) أن رش نباتات البطاطس بالبكلوبترازول Paclobutrazol بتركيز ٤٥٠ جزءًا فى المليون — خلال المرحلة الأولى لتكوين الدرنات — أدى إلى مضاعفة عدد الدرنات المتكونة/نبات — تقريبًا — دون التأثير على المحصول الكلى. كذلك أدت المعاملة إلى زيادة فترة سكون الدرنات بنحو ثلاثة أسابيع؛ وبذا.. فإن هذه المعاملة تفيد فى إنتاج درنات صغيرة الحجم.

التخلص من الثمار

لاشك أن أزهار وثمار البطاطس تستهلك جزءًا من طاقة النبات يمكن توجيهها إلى الدرنات. كما أن سقوط الثمار بما فيها من بذور على الأرض يحفز استمرار تواجد وتكاثر مسببات الأمراض والآفات المرضية التى تُصيب البطاطس. وعلى الرغم من أن موضوع إثمار البطاطس لا يُعد مشكلةً فى مصر.. إلا أنه قد يكون مشكلة فى بلدانٍ عربية أخرى.

وقد تمكن Veerman & Loon (١٩٩٣) من منع عقد ثمار البطاطس كليةً فى صنف البطاطس فان جوخ برش النباتات فى المراحل المبكرة لتكوين البراعم الزهرية بمركب MCPA بمعدل ٥٠٠–٧٥٠ جرامًا من المادة الفعالة للهكتار (٢١٠ إلى ٣١٥ جم/فدان)، أو

بالإثيفون بمعدل ١٤٤–١٩٢ جرامًا من المادة الفعالة للهكتار (٦٠–٨٠ جم/فدان). وبينما لم تكن لمعاملة MCPA أية تأثيرات على كمية المحصول أو نوعية الدرنات، فإن معاملة الإثيفون أنقصت نسبة الدرنات التى يزيد قطرها على ٥ سم.

التخلص من النموات الخضرية

يفيد التخلص من النموات الخضرية فى تسهيل عملية الحصاد، ويعتبر هارفيد Harvade من أكثر منظمات النمو استخدامًا لهذا الغرض. وهو يستعمل بمعدل ٠,٣–١,١ كيلوجرامًا للهكتار (حوالى ٠,١٢٥–٠,٤٦٠ كجم/فدان) قبل الموعد المتوقع للحصاد بنحو ١٤–٢٠ يومًا (عن Read ١٩٨٢).

تطبيقات منظمات النمو ومنشطات النمو

الكينينات

وجد أن الكينينات Kinins (مثل الكينتين Kinetin، والزياتين Zeatin، والبنزيل أدنين Benzyladenine) تؤدى إلى كسر سكون درنات البطاطس، وقد كان نقع الدرنات فى البنزيل أدنين Benzyladenine بتركيز ٢٠ جزءًا – ١٠٠ جزء فى المليون أكثر فاعلية فى كسر سكون الدرنات من المعاملة بأىّ من الكينتين أو حامض الجيريلليك. كذلك تؤدى المعاملة بالكينينات إلى إضعاف السيادة القمية.

وقد أدت معاملة نباتات البطاطس فى الحقل بالبنزيل أدنين إلى زيادة أعداد السيقان وأطوالها. كما أدى الرش بمعدل ٢,٨ جم من الكينتين المستخلص من الأعشاب البحرية/هكتار إلى إحداث زيادة جوهرية فى محصول الدرنات مع زيادة تجانسها فى الحجم. هذا.. إلا أن فاعلية المعاملة بالكينينات – فى هذا الشأن – تختلف باختلاف الأصناف.

ومن المركبات الجديدة ذات التأثيرات المشابهة لتأثير السيتوكينيات – وإن كان يمثل عائلة جديدة من الهرمونات النباتية – مركب 1-(m)-methoxybenzyl-3-nitroguandine، الذى يأخذ الرمز الكودى AC 243.654. وقد أدت معاملة نباتات البطاطس بهذا المركب بعد أسبوعين من الإنبات بمعدل كيلو جرام واحد أو أربعة كيلو

جرامات للهكتار (٠,٤٢–١,٦٧ كجم/فدان) إلى التبكير فى وضع الدرنات بنحو أسبوع، وتأخير شيخوخة النبات، وزيادة المحصول الكلى، ومحصول الدرنات الكبيرة الحجم، مع نقص عدد الدرنات/نبات ومحصول الدرنات الصغيرة الحجم (Pavlista ١٩٩٣).

حامض الجبرلليك

بينما تؤدى معاملة الدرنات الساكنة بحامض الجبرلليك إلى سرعة إنباتها عن الدرنات الساكنة غير المعاملة، فإنها تؤدى — كذلك — إلى زيادة عدد الدرنات ونقص حجمها؛ الأمر الذى لا يناسب الإنتاج التجارى للبطاطس؛ الذى يفضل فيه أن تكون الدرنات كبيرة الحجم، ولكن هذا التأثير قد يكون مرغوبًا فيه فى حقول إنتاج التقاوى، وكبديل لزيادة كثافة الزراعة عند ارتفاع ثمن التقاوى.

كذلك أدى رش نباتات البطاطس بالجبريللين بتركيز ١٠ أجزاء فى المليون قبل الحصاد بنحو أسبوعين إلى تحفيز تبرعم الدرنات بعد حصادها. وأدى استعمال تركيزات من منظم النمو أعلى من ١٠ أجزاء فى المليون إلى إنتاج درنات ثاوية على الدرنات الأولية.

وقد أفادت معاملة درنات محصول العروة الصيفية بالجبريللين — بتركيز جزء واحد فى – المليون — فى كسر سكون الدرنات لأجل استعمالها كتقاوٍ للعروة الخريفية، وكان محصول العروة الخريفية أعلى عندما عوملت تقاويها بكلٍ من الجبريللين والرايندديت معًا.

كذلك استفاد مربو البطاطس من المعاملة بالجبريللين فى زيادة أعداد الأزهار التى يمكن استعمالها فى إجراء التلقيحات.

ولما كانت المعاملة بالجبريللين تحفز نمو البراعم، فقد أمكن الاستفادة منها فى الكشف عن إصابة الدرنات بالفيروسات.

الميكوريزا وبكتيريا المحيط الجذرى

تؤدى معاملة البطاطس بالميكوريز arbuscular mycorrhiozal fungi إلى زيادة محصول الدرنات، مع زيادة فى نواتج الأيض المخزنة، والتغذية المعدنية للدرنات، والإنزيمات المثلة للنترات فى النبات (Shuab وآخرون ٢٠١٧).

ولقد أمكن الحصول على عدة عزلات من البكتيريا الحرة من المحيط الجذرى للبطاطس، ووجد أنها جميعًا كانت قادرة على إذابة الفوسفور، وعلى إنتاج الـ IAA، والأمونيا، والسيدروفور siderophore. وكانت *Pseudomonas brassicacearum* أعلاها فى إذابة الفوسفور وإنتاج الـ IAA، بينما أنتجت ثلاث عزلات سيانيد الأيدروجين. وأظهرت بعض عزلات *Bacillus*، و *Pseudomonas* نشاطًا مضادًّا لفطريات *Pythium* sp.، و *Fusarium* sp. وتبين أن وجود تلك البكتيريا مع الميكوريزا له تأثير إيجابى كبير على نمو وإنتاجية البطاطس (Pathak وآخرون ٢٠١٩).

الإنتاج العضوى

يجب أن تتوفر فى الأصناف التى تُناسب الزراعة المحمية صفات النمو الخضرى السريع المبكر، وكفاءة امتصاص النيتروجين المتاح، وكفاءة استعماله، ولكن مع انخفاض فى تركيز النيتروجين فى الدرنات (Tiemens-Hulscher وآخرون ٢٠١٤).

ولقد وُجد أن الإنتاج العضوى للبطاطس باستعمال الكمبوست فى التسميد بمعدل ٢٣٫٨ طن للهكتار (١٠ طن/فدان) يمكن أن يكون بديلاً للإنتاج التقليدى دونما حدوث نقص جوهرى فى المحصول، مع حدوث انخفاض فى محتوى الدرنات من النترات وتحسن فى قدرتها التخزينية (El-Sayed وآخرون ٢٠١٥).

هذا.. وقد كان الإنتاج العضوى للبطاطس منخفضًا عن الإنتاج التقليدى فى ثلاثة مواسم متتالية، حيث انخفض فيها محصول الدرنات بمقدار ٥٪، و٥٠٪، و٢٥٪ فى المواسم الثلاثة، على التوالى، وأُرجع ذلك إلى نقص تيسر النيتروجين وشدة الإصابة بالندوة المتأخرة (Jerna & Parisi ٢٠١٤).

الفصل السابع

النمو والتطور

تأثير العوامل البيئية على النمو الخضرى والدرنى لنبات البطاطس

يتأثر نبات البطاطس فى جميع مراحل نموه وتطوره بالعوامل البيئية. وقد سبق بيان تأثير هذه العوامل على نبات البطاطس بوجه عام. ونتناول الآن تأثير العوامل الجوية على النمو الخضرى والدرنى للنبات بشئ من التفصيل.

تأثير درجة الحرارة

يتأثر نمو وتطور نبات البطاطس بدرجة الحرارة على الوجه التالى:

إنبات الدرنات

تزيد سرعة الإنبات كثيرًا بارتفاع الحرارة حتى ٢٤ ْم، كما هو مبين فى جدول (٧–١). ويتضح من الجدول أن أنسب حرارة لإنبات درنات البطاطس تتراوح بين ٢١ ْم و ٢٤ ْم (Yamaguchi وآخرون ١٩٦٤).

جدول (٧–١): تأثير درجة الحرارة على سرعة إنبات درنات البطاطس.

المجال الحرارى (ْم)	عدد الأيام اللازمة حتى	
	٥٠ ٪ إنبات	١٠٠ ٪ إنبات
١٠–١٢,٧	٢٨	٣٦
١٥,٥–١٨,٣	١٣	٢٠
٢١,١–٢٣,٨	٨	١٣
٢٦,٦–٢٩,٤	١٢	١٥

النمو الخضرى

أوضح Bodlaender (١٩٦٠) أنه لم تحدث أية زيادة فى طول ساق نبات البطاطس فى حرارة أقل من ٧–٨ ْم، ثم ازداد طول الساق تدريجيًّا بارتفاع درجة الحرارة، إلى أن وصل طول الساق إلى أقصى مدى له فى حرارة ١٨ ْم –٢٠ ْم، وكانت

الزيادة فى طول الساق فى الحرارة العالية أكبر منها فى الحرارة المنخفضة. ولم يجد الباحث اختلافاً بين حرارة النهار وحرارة الليل فى التأثير على طول الساق. أما الأوراق والوريقات، فقد كانت — عادةً — أكبر حجمًا، وكان لونها الأخضر أكثر دكنةً عندما كانت الحرارة مرتفعة نهارًا ومنخفضة ليلاً. وأدت حرارة الليل المرتفعة إلى موت الأوراق بسرعة أكبر مما لو كانت حرارة الليل منخفضة، ولكن معدل تكوين الأوراق الجديدة ازداد فى المقابل؛ الأمر الذى أدى إلى زيادة العدد النهائى لأوراق النبات فى الحرارة العالية. وقد توصل Bodlaender من دراسته إلى أن أفضل المعدلات الحرارية كانت من ١٨°م –٢٠°م لنمو السيقان، و١٢°م– ١٤°م لنمو الأوراق، وأن ارتفاع الحرارة ليلاً يؤدى إلى نقص نسبة الأوراق إلى السيقان.

كذلك درس Borah & Milthorpe (١٩٦٢) تأثير الحرارة الثابتة: ١٥، و٢٠، و ٢٥°م، والحرارة المتغيرة: ٢٠°م نهارًا مع حرارة ١٠°م، أو ١٥°م، أو ٢٠°م، أو ٢٥°م ليلاً، ووجدا أن نمو البطاطس فى الحرارة الثابتة العالية ٢٥°م أعطى أكبر نمو خضرى للسيقان والأوراق، وأكبر قدر من التفريع. وقد أكد Scaramella Petri (١٩٦٣) تلك النتائج؛ حيث وجد أن سيقان نباتات البطاطس كانت أكثر طولاً فى حرارة ٢٥°م منها فى حرارة ١٥°م، أو ٢٠°م، وكان هذا النمو الخضرى القوى مصاحبًا بضعف فى نمو الأجزاء تحت الأرضية للنبات؛ مما أدى إلى نقص المحصول.

وتأييدًا لما سبق بيانه من أن الحرارة العالية تؤدى إلى زيادة طول النبات، وجد Krug (١٩٦٣) أن نباتات البطاطس — عندما كانت الحرارة ١٢°م نهارًا، و٨°م ليلاً لمدة ٤٠ يومًا، ثم زيدت إلى ١٦°م نهارًا، و١٢°م ليلاً — كانت أكثر اندماجًا مما لو كانت الحرارة أعلى من ذلك.

أما درجة حرارة التربة المثلى للنمو الخضرى المتوازن مع النمو الدرنى فإنها تتراوح بين ١٥°م و ١٨°م، وتؤدى الحرارة الأعلى من ذلك إلى زيادة طول الساق وزيادة وزن النمو الخضرى، وخاصة عندما تكون حرارة الهواء منخفضة (١٧°م نهارًا، و١١°م ليلاً) (عن Boadlander ١٩٦٣).

وتوجد علاقة طردية خطية بين معدل ظهور الأوراق الجديدة فى البطاطس ودرجة الحرارة بين ٩ ْ م و ٢٥ ْم، ولكن هذه الزيادة لا تستمر فى معدل تكوين الأوراق الجديدة مع استمرار ارتفاع درجة الحرارة عن ٢٥ ْم. وقد قدر المعامل الحرارى Temperature Coefficient لمعدل ظهور الأوراق الجديدة بنحو ٠,٠٣٢ ورقة/درجة حرارية يومية degree days، مع اعتبار أن درجة الأساس هى الصفر المئوى. كما نقصت فترة استكمال نمو الورقة الواحدة مع ارتفاع الحرارة حتى ٢٥ ْم، حيث كانت الدرجة الحرارية اليومية الطبيعية ثابتة عند ١٧٠ ْم، باعتبار أن حرارة الأساس هى الصفر المئوى (Kirk & Marshall ١٩٩٢).

كما وجد Almekinders & Struik (١٩٩٤) أن ارتفاع درجة الحرارة بين ١٥ ْم، و٢٧ ْم أدى إلى زيادة عدد الفروع الجانبية.

وقد تبين من دراسات Gawronska وآخرين (١٩٩٢) أن الحرارة العالية (٣٥ ْم نهارًا/ ٢٥ ْم ليلاً) أدت إلى خفض الإنتاج الكلى للمادة الجافة، وغيرت من توزيعها فى النبات لصالح النمو الخضرى وعلى حساب النمو الدرنى؛ وذلك مقارنة بالحرارة المعتدلة (٢٥ ْم نهارًا/ ١٢ ْم ليلاً).

وقد وجد Hammes & Jager (١٩٩٠) أن صافى البناء الضوئى انخفض فى البطاطس بارتفاع الحرارة عن ٢٠ ْم. وفى حرارة ٤٠ ْم .. كان معدل البناء الضوئى ٣٧٪ من معدله فى حرارة ٢٠ ْم. وعندما حوفظ على حرارة الهواء ثابتةً عند ٢٠ ْم بينما زيدت حرارة التربة — فقط — إلى ٤٠ ْم.. كان معدل البناء الضوئى ٧٢٪ من معدله عند حرارة تربة وهواء مقدارها ٢٠ ْم.

كذلك أوضح Thornton وآخرون (١٩٩٦) أن الحرارة العالية (٣٥ ْم نهارًا، و٢٥ ْم ليلاً، مقارنةً بحرارة ٢٥ ْم نهارًا، و ١٢ ْم ليلاً) أدت إلى نقص الوزن الجاف الكلى لجميع أصناف البطاطس التى شملتها الدراسة، وظهر أكبر تأثير للحرارة العالية فى الصنف رصِت بربانك الحساس للحرارة، كما بدا إن اختلاف الأصناف فى مدى تحملها للحرارة العالية كان مرتبطًا بمدى تأثر نسبة التنفس إلى البناء الضوئى فيها بالحرارة العالية.

تكوين ونمو السيقان الأرضية

تؤثر درجة الحرارة على تكوين ونمو السيقان الأرضية؛ فعندما تكون الحرارة فى المجال الملائم لنبات البطاطس نجد أن السيقان الأرضية تبدأ فى النمو والاستطالة من وقت ظهور النبات فوق سطح التربة. وعند ارتفاع درجة الحرارة نجد أن نمو السيقان الأرضية يتأخر لحين تكوّن عدة أوراق؛ لأن تكوين السيقان الأرضية يرتبط بتراكم المواد الكربوهيدراتية فى ساق النبات أسفل سطح التربة، وهو الأمر الذى لا يحدث بسرعة عند ارتفاع درجة الحرارة بسبب استهلاك نسبة عالية من الغذاء المجهز فى التنفس. ومع ذلك.. فإن مستوى المواد الكربوهيدراتية اللازم لتكوين المدادات أقل بكثير من المستوى اللازم لتكوين الدرنات (Thompson & Kelly ١٩٥٧).

تكوين ونمو الدرنات، والمحصول

تؤثر درجة الحرارة على تكوين الدرنات، وبالتالى فإنها تؤثر على كمية المحصول. وقد كان Bushnell (١٩٢٥) أول من درس هذا الموضوع. ووجد أن ارتفاع درجة الحرارة من ٢٠ °م إلى ٢٩ °م صاحبه نقص فى إنتاج الدرنات، ولم تتكون أية درنات عندما تعرضت النباتات لحرارة ثابتة مقدارها ٢٩ °م. وقد علل ذلك بازدياد معدل تنفس الأجزاء الهوائية فى الحرارة العالية، وبالتالى زيادة استهلاك الغذاء المجهز فى التنفس، الأمر الذى أدى إلى نقص المحصول الذى يتوقف على كمية المواد الكربوهيدراتية المنتجة التى تفيض عما يلزم للنمو والتنفس فى جميع أجزاء النبات الأخرى.

وقد تأيدت تلك النتائج بدراسات Werner (١٩٣٤) التى وجد فيها أن الحرارة العالية — التى تراوحت بين ٢٤ °م و٣٣ °م — أثّرت سلبيًّا على محصول الدرنات، بينما ازداد المحصول فى الحرارة الأقل من ٢٤ °م. وقد أمكن تجنب التأثير الضار للحرارة المرتفعة — جزئيًّا — بتقصير طول الفترة الضوئية، حيث أمكن الحصول على درنات فى حرارة ٣٢ ° بتخفيض الفترة الضوئية إلى ١٠ ١/٢ ساعة.

وتتراوح الدرجة المثلى لتكوين الدرنات فى البطاطس بين ١٥ ْم و٢٠ ْم (عن Bodlaender ١٩٦٣). ويؤدى ارتفاع الحرارة أثناء الليل إلى تأخير تكوين الدرنات ونقص عددها. بينما يؤدى ارتفاع الحرارة نهارًا إلى نقص حجم الدرنات المتكونة (Adisarwanto ١٩٩٣).

وكلما ازدادت شدة الإضاءة ازداد الحد الأقصى لدرجة الحرارة التى يمكن أن تُنتج فيها الدرنات؛ لذا يلاحظ أن البطاطس تعطى محصولاً جيدًا فى المناطق ذات الجو القارى، برغم ارتفاع الحرارة كثيرًا أثناء النهار. ويرجع ذلك إلى أن الارتفاع فى الحرارة نهارًا تصاحبه زيادة فى شدة الإضاءة، كما أن الحرارة تنخفض ليلاً؛ مما يقلل الفقد فى المواد الكربوهيدراتية بالتنفس، كما وجد Bodlaender (١٩٦٣) أن الحرارة المناسبة لنمو سيقان النبات تزداد ارتفاعًا مع ازدياد شدة الإضاءة.

يزداد انخفاض محصول الدرنات عند ارتفاع الحرارة ليلاً عنه عند ارتفاع الحرارة نهارًا. والسبب فى ذلك هو أن ارتفاع الحرارة ليلاً يساعد على زيادة الفاقد فى المواد الكربوهيدراتية بالتنفس، بينما يؤدى ارتفاع الحرارة نهارًا إلى زيادة معدلى كلّ من التنفس والبناء الضوئى. ومع استمرار الارتفاع فى الحرارة يزيد هدم المواد الكربوهيدراتية بالتنفس عن بنائها بالتمثيل الضوئى.

وكما تعمل حرارة الليل المنخفضة على تقليل الفاقد فى المواد الكربوهيدراتية بالتنفس، فإنها تعمل أيضًا على زيادة نمو الأوراق.

وقد وجد Gregory (١٩٥٤ عن Bodlaender ١٩٦٣) أن محصول البطاطس فى حرارة ٣٠ ْم نهارًا، و١٧ ْم ليلاً كان أكبر مما كان عليه الحال فى حرارة ثابتة مقدارها ٢٣ ْم، وأرجعت هذه الزيادة فى المحصول إلى حرارة الليل المنخفضة. كذلك وجد Courduroux (١٩٥٩) أن حرارة الليل المنخفضة فى حدود ١٤ ْم حفَزت تكوين الدرنات. أما Bodlaender (١٩٦٠) فقد وجد نقصًا فى عدد الدرنات المتكونة بارتفاع حرارة الليل، وكان أنسب مجال حرارى لنمو الدرنات فى تلك الدراسة هو ١٨ ْم — ٢٤ ْم نهارًا مع ٦ ْم — ١٢ ْم ليلاً.

وعلى الرغم من أن أنسب حرارة لتكوين الدرنات — كمتوسط عام — هى ١٥ْم، إلا أن المحصول المرتفع يناسبه مجال حرارى من ١٨–٢١ْم، وهو وسط بين الدرجة المثلى لتكوين الدرنات والدرجة المثلى لنمو السيقان، والتى تبلغ ٢٥ْم (Borah & Milthorpe ١٩٦٢). ويؤدى انخفاض الحرارة عن ١٥ْم إلى تأخير تكوين الدرنات، كما يؤدى ارتفاعها عن ٢٥ْم إلى جعل الدرنات المتكونة غير منتظمة الشكل، وقريبة من سطح التربة.

نوعية الدرنات

تؤثر الحرارة على نوعية الدرنات المتكونة؛ فتكون الدرنات أكثر انتظامًا فى الشكل فى حرارة تتراوح بين ١٥ْم و٢١ْم. ويؤدى انخفاض الحرارة إلى ١٠ْم — ١٣ْم إلى أن تميل درنات الأصناف المستطيلة إلى الكروية، كما يؤدى ارتفاعها إلى ٢٧ْم –٢٩ْم إلى تغير شكل الدرنات، فتصبح مغزلية، كما فى الصنف هوايت روز White Rose، أو تظهر بها نموات جانبية؛ كما فى كثير من الأصناف.

ويتكون الجلد الشبكى بشكل جيد فى الأصناف الشبكية russeted فى حرارة ٢٤ْم؛ بالمقارنة بدرجات الحرارة الأقل والأعلى من ذلك. ومع انخفاض الحرارة يقل تكوين البيريدرم المسئول عن الشبك السطحى على درنات هذه الأصناف؛ إلى حد أن تصبح الدرنات ملساء فى حرارة ٧ْم — ١٠ْم. ويُعد ذلك عيبًا تجاريًّا فى هذه الأصناف.

وتكون نسبة السكر والنشا والكثافة النوعية للدرنات أعلى ما يمكن فى حرارة ١٥ْم – ٢٤ْ؛ بالمقارنة بما تكون عليه هذه الصفات فى درجات الحرارة الأعلى أو الأقل من ذلك.

تأثير الفترة الضوئية

أوضح McCelland منذ عام ١٩٢٨ أن النمو الخضرى فى البطاطس يناسبه النهار الطويل، بينما تكوين الدرنات يناسبه النهار القصير (عن Piringer ١٩٦٢). وقد تأيد ذلك فى عديد من الدراسات الأخرى. ويؤدى النهار الطويل إلى زيادة النمو الخضرى، واستمراره لفترة أطول مما فى النهار القصير فى كلٍّ من الأصناف المبكرة والمتأخرة على حدٍّ سواء. ويزيد النهار القصير من كفاءة تكوين الدرنات؛ فتكون نسبة وزن الدرنات إلى المجموع

الخضرى أكبر فى النهار القصير. وفى نفس الوقت نجد أن النهار القصير يؤثر سلبيًّا على المحصول الكلى؛ لأنه يشجع على تكوين الدرنات مبكرًا؛ فيتوقف النمو الخضرى مبكرًا، ويقل المحصول تبعًا لذلك (Burton ١٩٤٨، و Ezekiel & Bhargava ١٩٩١). ولا يعنى ذلك أن البطاطس لا تكوِّن درنات فى النهار الطويل، ولكنها تنمو أثناءه خضريًّا لفترة أطول قبل أن تبدأ فى وضع الدرنات. وتأييدًا لذلك.. وُجد أن أصناف البطاطس الأوروبية تقل فترة نموها بمقدار ٢٥/–٥٤/ إذا زرعت فى المناطق القريبة من خط الاستواء؛ حيث يؤدى النهار القصير فيها إلى إسراع تكوين الدرنات، وتوقف النمو الخضرى مبكرًا؛ ويقل المحصول تبعًا لذلك (Hardenburg ١٩٤٩).

وعلى الرغم من أن جميع أصناف البطاطس تستجيب للفترة الضوئية بنفس الطريقة التى سبق بيانها، إلا أن درجة الاستجابة تتوقف على درجة التبكير فى النضج؛ فقد وجد Caesar & Krug (١٩٦٥) أن زيادة طول النهار من ١٢ إلى ١٨ ساعة أدت إلى زيادة النمو الخضرى، وإطالة مدته، وزيادة عدد ومحصول الدرنات فى ١٢ صنفًا من البطاطس، إلا أن الأصناف المتأخرة كانت أكثر استجابة من الأصناف المبكرة. وفى دراسةٍ سابقة لذلك أجريت على سلالتين من الصنف ترايمف Triumph إحداهما مبكرة، والأخرى متأخرة، وُجد أن تكوين الدرنات فى كلتيهما فى نهار ١١ ساعة كان أسرع منه فى نهار ١٦ ساعة، كما كان تكوين الدرنات أسرع فى السلالة المبكرة منه فى السلالة المتأخرة فى معاملتى طول الفترة الضوئية، إلا أن الفرق بينهما فى الفترة الضوئية القصيرة كان أقل منه فى الفترة الضوئية الطويلة. وقد كان المحصول فى كلتيهما أكبر فى النهار الطويل منه فى النهار القصير.

ويلاحظ أن الحد الأقصى لطول النهار المناسب لتكوين الدرنات فى الأصناف المبكرة يكون أكبر مما فى الأصناف المتأخرة، فنجد فى المناطق الشمالية أن الأصناف المبكرة تنمو فى ظروف النهار القصير فى الربيع وبداية الصيف، وتضع درناتها فى ظروف النهار الطويل فى منتصف الصيف، بينما نجد أن الأصناف المتأخرة تستمر فى النمو الخضرى خلال الصيف، ثم تضع درناتها عندما تقصر الفترة الضوئية فى أواخر

فصل الصيف. ويعمل النهار الطويل على إطالة فترة النمو الخضرى فى الأصناف المبكرة قبل أن تبدأ فى وضع الدرنات، ويعمل ذلك على زيادة محصولها.

ويتبين من دراسات Markarov وآخرين (١٩٩٣) أن مدى تأثر النمو الخضرى — وكذلك الزهرى — للبطاطس بالفترة الضوئية يتوقف على كلٍّ من الصنف والنوع. وقد استخدم الباحثون فى دراستهم الأنواع *Solanum tuberosum*، و *S. andigenum*، و *S. stoloniferum*.

ومما يدل على أن البطاطس من نباتات النهار القصير — بالنسبة لتكوين الدرنات — أن قطع الليل الطويل بفترة إضاءة طولها ٢٠ دقيقة فقط تؤدى إلى توقف تكوين الدرنات بدرجة كبيرة. وعلى العكس من ذلك.. فإن قطع النهار الطويل بفترة ظلام مدتها ٢٠ دقيقة لم يؤثر على تكوين الدرنات، كما لم تؤدِ فترتان من الظلام (طول كل منهما ٧ ساعات، وتفصل بينهما دقيقتان من الضوء) إلى تكوين الدرنات فى النوع *S. demissum*، أو إلى إسراع تكوين الدرنات فى النوع *S. tuberosum* (عن Smith ١٩٦٨). ولا يعنى ذلك أن كل أصناف البطاطس لا تكوِّن درنات فى النهار الطويل؛ فذلك لا يحدث إلا فى بعض الأصناف التى أُنتجت أصلاً فى أمريكا الجنوبية بالقرب من خط الاستواء؛ حيث النهار قصير. فهذه الأصناف لا تكوِّن درنات إذا زرعت صيفًا فى المناطق الشمالية حيث النهار الطويل. وعلى العكس من ذلك.. فإن الأصناف المنتجة فى المناطق الشمالية تضع درناتها بسرعة أكبر إذا تعرضت لنهار قصير. وإذا زرعت هذه الأصناف فى أقصى الشمال؛ حيث يصل طول النهار صيفًا إلى ٢٢–٢٤ ساعة، فإنها تنمو وتعطى محصولاً من الدرنات خلال شهر سبتمبر، ثم تموت النباتات فجأة بفعل الصقيع. إلا أن الدرنات المتكونة تكون مائية المظهر، وتنخفض فيها نسبة النشا كثيرًا؛ حيث تتراوح بين ٧٪ و١٣٪. ومما تجدر ملاحظته أن النهار الطويل فى هذه المناطق يعوض جزئيًّا قصر موسم النمو (عن Smith ١٩٦٨).

وإلى جانب ما تقدم بيانه عن تأثير الفترة الضوئية على تكوين الدرنات، نجد أن الفترة الضوئية الطويلة تؤدى إلى زيادة عدد وطول ودرجة تفريع السيقان الأرضية.

ويُستفاد من دراسات Matheny وآخرين (١٩٩٢) أن استعمال غطاء بلاستيكى للتربة بلون أبيض، أو أزرق شاحب أدى إلى زيادة المحصول بأكثر من ١٥٪ عن معاملة الكنترول التى لم يُستعمل فيها غطاء بلاستيكى للتربة، أو معاملة استعمال الغطاء البلاستيكى الأحمر. وكان مرد هذا التأثير إلى نسبة الأشعة تحت الحمراء التى انعكست من مختلف المعاملات.

وإلى جانب التأثير المنفرد لكلٍّ من درجة الحرارة والفترة الضوئية على النمو الخضرى والدرنى فى البطاطس نجد أنهما يتفاعلان معًا عند إحداثهما لتأثيراتهما؛ بمعنى أن تأثير الاختلاف فى درجة الحرارة يتوقف على الفترة الضوئية، كما أن تأثير الاختلاف فى الفترة الضوئية يتوقف على درجة الحرارة. وقد كان Werner (١٩٣٤) هو أول من درس هذا الموضوع؛ حيث توصل الباحث إلى أن النمو الخضرى يناسبه النهار الطويل، والحرارة المرتفعة، بينما النمو الدرنى يناسبه النهار القصير، والحرارة المنخفضة. وقد أدى تعريض النباتات إلى ظروف النهار القصير — مع حرارة مرتفعة — إلى جعلها صغيرة الحجم، وذا نسبة مرتفعة جدًّا من وزن الدرنات إلى النمو الخضرى. وكان أعلى محصول عندما تعرضت النباتات لظروف النهار المتوسط الطول مع حرارة منخفضة. ومع ارتفاع الحرارة وزيادة طول النهار ازداد النمو الخضرى، وانخفض إنتاج الدرنات. وفى ظروف النهار الطويل مع حرارة شديدة الارتفاع لم تنتج النباتات أية درنات. وقد أوضح Werner أن الفترة الضوئية القصيرة يمكن أن تعوض تأثير الارتفاع الكبير فى درجة الحرارة؛ حيث حصل على درنات فى حرارة ٣٢ °م بخفض فترة الإضاءة إلى ١/٢ ١٠ ساعة يوميًّا. ومن جهة أخرى.. فالحرارة المنخفضة يمكن أن تعوض الزيادة الكبيرة فى طول الفترة الضوئية. ومما يدل على ذلك أن البطاطس تكوِّن درنات فى المناطق التى تقع على خط عرض ٦٨ ° شمالاً؛ حيث لا تغرب الشمس فى منتصف الصيف فى هذه المناطق، إلا أن درجة الحرارة تكون منخفضة.

كما وجد Werner أن مستوى الآزوت فى التربة يمكن أن يؤثر على استجابة نباتات البطاطس لدرجة الحرارة والفترة الضوئية؛ فبخفض مستوى التسميد الآزوتى

أَمكن تقليل النمو الخضرى، وتكونت درنات فى حرارة أكثر ارتفاعًا مما لو كان مستوى التسميد الآزوتى مرتفعًا. وقد أدت كثرة توفر الآزوت فى الظروف المناسبة للنمو الخضرى إلى غزارة النمو الخضرى، ونقص المحصول. ومن جهة أخرى.. لم يكن للتسميد الآزوتى الوفير تأثيرات ضارة فى ظروف النهار القصير والحرارة المنخفضة.

وتجدر الإشارة إلى أن تعريض البطاطس للإضاءة المستمرة طوال الـ ٢٤ ساعة يوميًّا يؤدى إلى ظهور اصفرار بين العروق وبقع بنية متحللة على السطح العلوى للأوراق التى تكون فى مرحلة النمو، يتبعه تقزم فى النمو النباتى؛ وهى أعراض تظهر — كذلك — على نباتات الطماطم التى تتعرض لنفس الظروف. ويسبق ظهور هذه الأعراض نقص فى البناء الضوئى، وفى محتوى النشا بالأنسجة المتأثرة، وفى سلامة أغشيتها الخلوية. وتعرف هذه الظاهرة باسم أضرار الإضاءة المستمرة Constant Light Injury.

وقد تبين أن أية انحرافات كبيرة عن الدورات الضوئية الطبيعية القريبة من ١٢ ساعة ضوءًا، و ١٢ ساعة ظلامًا (مثل: ٢٠/٤، و ٦/٦ متكررة مرتان يوميًّا) تحدث نفس الظاهرة.

كما وجد أن إحداث تباينات بين حرارتى الليل والنهار بمقدار ٨° مئوية أو أكثر من ذلك منعت ظهور أضرار الإضاءة المستمرة.

كما أدى استعمال درنات كبيرة الحجم (حوالى ١٠٠ جم) كتقاوٍ إلى منع حدوث هذه الظاهرة — كذلك — مقارنةً باستعمال درنات صغيرة؛ مما يدل على أن لقوة النمو النباتى وانتقال المركبات الكربوهيدراتية فى النبات دورًا مهمًّا فى التحكم فى ظهور هذه الأضرار.

هذا.. وتختلف أصناف البطاطس كثيرًا فى حساسيتها لتلك الأضرار؛ فمثلاً .. يُعد الصنف كِنيبك Kennebec شديد الحساسية، بينما يعتبر الصنف رَصِت بربانك Russet Burbank كثير التحمل (Cushman & Tibbitts ١٩٩٦).

تأثير شدة الضوء

تؤدى الإضاءة القوية إلى التبكير فى تكوين الدرنات، والتبكير فى وصول السيقان الهوائية إلى أقصى نموٍّ لها، وكذلك إلى التبكير فى موتها، كما تؤدى إلى زيادة نسبة

المادة الجافة فى الدرنات، إلا أن ذلك يكون مصحوبًا بنقص فى المحصول بسبب موت النباتات مبكرًا. ومن جهة أخرى.. فإن الإضاءة الضعيفة تؤدى إلى زيادة طول السيقان وصغر حجم الأوراق.

تأثير العوامل البيئية على الإزهار

يتأثر النمو الخضرى ومحصول البطاطس سلبيًا عند إزهارها. ففى دراسة أجراها Bartholdi (١٩٤٢) على ثلاثة أصناف من البطاطس تختلف فى عدد الأزهار التى ينتجها كل منها قام الباحث بمقارنة تأثير ثلاث معاملات؛ هى: إزالة البراعم الزهرية بمجرد ظهورها، وإزالة الأزهار بعد تفتحها مباشرة، وترك النباتات لتزهر وتثمر بصورة طبيعية. وقد وُجد أن الإزهار (أى المعاملة الثانية) أدى إلى تقليل النمو الخضرى بمقدار ٩٪، والنمو الدرنى بمقدار ١٠٪، بينما أدى الإثمار (أى المعاملة الثالثة) إلى تقليل النمو الخضرى بمقدار ١٨٪، والنمو الدرنى بمقدار ٢٣٪، كما أثر كل من الإزهار والإثمار سلبيًّا على عدد الدرنات التى تهيأت للتكوين، وعلى العدد الذى وصل إلى الحجم الصالح للتسويق.

وعلى الجانب الآخر.. فإزهار البطاطس ذو أهمية كبيرة عند الزراعة بالبذور الحقيقية، وبالنسبة لمربى النباتات الذى يلجأ إلى إجراء التهجينات، والإكثار بالبذور الحقيقية عند إنتاج الأصناف الجديدة فى برامج التربية.

وتؤثر العوامل البيئية على إزهار البطاطس على النحو التالى:

تأثير درجة الحرارة

يكون الإزهار غزيرًا عندما تكون حرارة الليل ١٨ °م، بينما تُنتج النباتات براعم زهرية فقط عندما تكون حرارة الليل ١٢ °م. ولا يتأثر الإزهار بدرجة حرارة النهار.

وقد وجد أن عدد مبادئ الأزهار المتكونة واستمرار بقائها فى نورات البطاطس قبل سقوطها ازداد بزيادة طول الفترة الضوئية، وبارتفاع الحرارة حتى ٢٣ °م، ولكن توقف تكوين الأزهار فى حرارة ٢٧ °م (Almekinders & Struik ١٩٩٤).

تأثير الفترة الضوئية

يحتاج إزهار البطاطس إلى فترة ضوئية طويلة؛ حيث تزهر معظم الأصناف بوفرة عندما يكون النهار أطول من ١٦ ساعة. وتتكون براعم زهرية فقط إذا كان النهار قصيرًا، وتسقط هذه البراعم دون أن تتفتح إذا ظل النهار قصيرًا. وليس للفترة الضوئية تأثير على حيوية اللقاح (Piringer ١٩٦٢).

تأثير شدة الإضاءة

قد تساعد الإضاءة القوية على دفع النباتات إلى الإزهار

وإلى جانب العوامل البيئية نجد أن إزهار نباتات البطاطس يتأثر كثيرًا بعاملين آخرين هما:

١- الصنف: حيث تختلف الأصناف كثيرًا في قابليتها للإزهار تحت نفس الظروف البيئية.

٢- مستوى المواد الكربوهيدراتية في النبات:

يؤدي تراكم الغذاء المجهز في السيقان والأوراق إلى تحفيز الإزهار. ويؤدي تقليم السيقان الأرضية أو إزالتها إلى دفع النباتات نحو الإزهار؛ نظرًا لعدم تكون درنات وتراكم المواد الكربوهيدراتية في النموات الهوائية. ويقوم مربو البطاطس بدفع النباتات نحو الإزهار عن طريق تحليق السيقان؛ حيث يتوقف انتقال الغذاء المجهز من النموات الخضرية إلى الدرنات.

تأثير بعض الظواهر الجوية الأخرى

تأثير الرياح

تظهر أضرار الرياح على السطح العلوي للأوراق نتيجة احتكاك الأوراق بعضها ببعض. يجف النسيج المتأثر بالاحتكاكات التي تُحدثها الرياح، ويكتسب لونًا بنيًا ومظهرًا زيتيًا، ويختلف في مساحته، وقد يتعمق أحيانًا حتى السطح السفلي للورقة.

وفى حالات الرياح الشديدة يبدو النبات متخشبًا. كذلك تؤدى الرياح الباردة إلى اكتساب السطح السفلى للأوراق لونًا بنيًّا. وتكثر الأعراض — عادة — فى حواف الحقل.

وإذا ساد الجو رياح قوية وقت الحصاد، فإن الدرنات يمكن أن تتأثر حتى لو كانت الدرنات معبأة فى أجولة فى الحقل. وتظهر الأعراض — فيما بعد — أثناء التخزين على صورة بقع غائرة فى المواقع المتسلخة من الدرنات. وقد تصاب هذه البقع ببكتيريا العفن. وتكون الأضرار فى الدرنات غير المكتملة التكوين أكبر منها فى الدرنات مكتملة التكوين.

تأثير البَرَدْ

يؤدى البَرَدْ إلى تمزيق الأوراق وتثقيبها. وعلى الرغم من أن لنبات البطاطس قدرة كبيرة على التغلب على أضرار البَرَدْ ومعاودة النمو، إلا أن الأضرار قد تكون كبيرة جدًا أحيانًا إلى درجة تؤثر سلبيًّا على المحصول. وتظهر أعراض أضرار البَرَدْ على السيقان فى مواقع الاصطدام؛ حيث تصبح البشرة رمادية اللون وذات لمعة قرمزية.

ويتوقف النقص فى المحصول على مقدار الضرر الذى يُحدثه البَرَد، وموعد حدوثه، والصنف المزروع. ويحدث أكبر نقص فى المحصول إذا تأثر النمو الخضرى بالبَرَد بعد حوالى أسبوعين إلى ثلاثة أسابيع من التزهير. كما يؤدى البَرَد إلى نقص المحصول الصالح للتسويق؛ لأن أضرار البَرَد للنموات الخضرية تتبعها زيادة نسبية فى الدرنات الصغيرة وغير المنتظمة الشكل. وقد تنخفض الكثافة النوعية للدرنات إذا أتلف البَرَدْ الأوراق المكتملة النمو.

تأثير البرق

بعد تعرض النباتات للبرق بفترة تتراوح بين دقائق قليلة وساعات قليلة تنهار السيقان، وتذبل النموات الخضرية بصورة دائمة. وفى معظم الأحيان تمتد أعراض إصابات السيقان لمسافة ٥–١٠ سم فوق مستوى سطح التربة، ولكنها نادرًا ما تتعمق أسفل سطح التربة على الساق. تكون الأجزاء المتأثرة من الساق طرية، ومائية المظهر،

وسوداء إلى بنية اللون. وسرعان ما تجف الأنسجة المتأثرة وتكتسب لونًا بنيًّا أو رماديًّا، بينما يكون سطحها رصاصيًّا فاتحاً إلى أبيض. ويؤدى انهيار نخاع الساق إلى تفلطحها وظهور انخفاضات طولية على امتدادها. كذلك غالبًا ما تنهار أعناق الأوراق الملامسة لسطح التربة.

أما أجزاء الساق التى توجد تحت سطح التربة والجذور، فإنها تفلت غالبًا من الإصابة، وتبقى الأنسجة الوعائية سليمة وقائمة بوظائفها؛ إلى درجة أن الأوراق تبقى خضراء وغير ذابلة.

هذا.. إلا أن الدرنات قد تُضارَ من البرق؛ حيث قد يصبح جلد الدرنة بنيًّا أو أسود، كما قد تظهر شقوق بالدرنة. وكثيرًا ما تمتد الإصابة من أحد جوانب الدرنة إلى جانبها الآخر؛ حيث يتحلل نسيج الدرنة تدريجيًّا، إلى أن يتطور إلى تكوين ثقب بين جانبى الدرنة، بينما تبقى الأجزاء غير المتأثرة من الدرنة صلبة.

تأثير ملوثات الهواء على النمو والتطور

يعتبر غاز الأوزون من أهم ملوثات الهواء، ولكن غاز ثانى أكسيد الكبريت قد يلعب دورًا مهمًّا كذلك فى الإضرار بنباتات البطاطس. وتكون الأعراض فى صورة اصفرار عام، وتلون برونزى، وتحلل بالأوراق، يترتب عليها توقف مبكر للنمو النباتى ونقص فى المحصول. تبقى الأوراق الميتة عالقةً بالنبات. ويبدأ التحلل فى خلايا النسيج العمادى للورقة، ثم يتقدم نحو النسيج الإسفنجى التالى له.

وتوجد اختلافات كبيرة بين أصناف البطاطس من حيث مدى تحملها للأوزون.

وقد أدى تعريض نباتات البطاطس لغاز ثانى أكسيد الكبريت SO_2 بتركيز ٣٠٠ نانوليتر/لتر لمدة ستة أسابيع — مع توفر الرطوبة الأرضية — إلى ظهور أعراض التسمم على النموات الخضرية، والتأثير سلبيًّا على نمو الدرنات، ولكن هذا التأثير لم يكن جوهريًّا تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية (Ma & Murray ١٩٩١). كذلك أثر تعريض نباتات البطاطس لخليط من غازى ثانى أكسيد الكبريت، وثانى أكسيد

النيتروجين NO_2 بتركيز ١١٠ نانوليترات لكل منهما/ لتر.. أثر سلبيًّا على النمو الخضرى؛ وذلك فى صورة نقص فى الوزن الطازج، والوزن الجاف للنبات، ونقص فى المساحة الورقية خلال أيام قليلة من بدء المعاملة (Petitte & Ormrod ١٩٩٢).

مراحل النمو

يمر نمو نبات البطاطس بخمس مراحل للنمو، كما يلى:

١- مرحلة النمو الأولى.. وهى تشمل الفترة من الزراعة إلى الإنبات، وتتراوح بين ٢٠، و٣٥ يومًا، وذلك حسب الصنف، والمعاملات الزراعية، والظروف البيئية.

٢- مرحلة النمو الثانية .. تتضمن النمو الخضرى المبكر من الإنبات إلى ما قبل تنشئة الدرنات، وتتراوح — عادة — بين ١٥، و٢٥ يومًا تبعًا لظروف موقع الزراعة. هذا.. ويبدأ تكوين المدادات stolons (السيقان الأرضية) خلال تلك المرحلة، لكن لا تتواجد الدرنات بعد.

٣- مرحلة النمو الثالثة.. وفيها تتكون الدرنات فى أطراف المدادات على مدى ١٠-١٤ يومًا، وتلك هى مرحلة تكوين الدرنات tuberization أو مرحلة تنشئة الدرنات tuber initiation. وخلال تلك المرحلة من النمو يصل دليل المساحة الورقية leaf area index (وهى نسبة المساحة الورقية الكلى إلى مساحة التربة الحقلية) إلى نحو ١ إلى ٢، ويتوافق ذلك مع حوالى ٥٠٪-٨٠٪ غطاء نباتى فوق خطوط الزراعة تبعًا لظروف منطقة الزراعة والصنف المزروع.

٤- مرحلة النمو الرابعة.. وهى مرحلة الزيادة الأساسية فى حجم الدرنات bulking، وتكون الزيادة فى حجم الدرنات خطية تقريبًا مع الوقت على مدى ٣٠ إلى ٦٠ يومًا فى الظروف المثلى للنمو. وقرب نهاية تلك المرحلة من النمو يصل دليل المساحة الورقية إلى أقصى مدى له وهو حوالى ٣,٥ إلى ٦,٠ تبعًا للصنف والظروف البيئية. كذلك يصل النتح النباتى إلى أقصى معدل له حينئذ. وبالقرب من نهاية تلك المرحلة يبدأ معدل النمو الخضرى فى التراجع.

٥- مرحلة النمو الخامسة.. تبدأ النباتات فى الموت خلال تلك المرحلة وتفقد أوراقها، ويقل معدل نمو الدرنات نتيجة للانخفاض فى المساحة الورقية ونشاط البناء الضوئى، ويبدأ جلد الدرنة فى النضج. ويحدث النمو المتبقى للدرنات خلال تلك المرحلة جراء انتقال الغذاء المجهز من السيقان والأوراق والجذور إليها (King & Stark ٢٠١٢).

تطور النمو الجذرى

فى دراسة أُجريت على النمو الجذرى للبطاطس فى مزرعة جامعة كمبردج وموقعين آخرين فى المملكة المتحدة، تبين ما يلى:

١- تراوح الحد الأقصى لتعمق الجذور بين ٦٠، و١٤٠ سم؛ مما يعنى أن البطاطس يمكنها سحب احتياجاتها من الرطوبة الأرضية والعناصر الغذائية من أعماق كبيرة.

٢- مَرَّ النمو الجذرى بثلاث مراحل بدأت بمرحلة أولية من النمو السريع دامت ٣-٥ أسابيع بمعدل نمو حوالى ١,٢ سم/يوم، أعقبتها فترة ثانية من النمو الأبطأ بمعدل حوالى ٠,٨ سم/يوم، ثم توقف النمو الجذرى بعد ذلك إلى نهاية فترة نمو المحصول.

٣- كان للصنف تأثيرًا كبيرًا على أقصى تعمق للنمو الجذرى، وكان ذلك مرده إلى اختلاف الأصناف فى طول كل فترة من فترات النمو الجذرى، وليس إلى معدل النمو الجذرى فى كل منها.

٤- لوحظ أن التغيرات فى معدل النمو الجذرى — أو فى توقفه فى المرحلة الأخيرة — كان مسبوقًا — دائمًا — بنحو ٤ إلى ٩ أيام من التغير فى معدل ظهور الأوراق الجديدة أو توقف ظهورها.

٥- أظهرت الأصناف التى توقف فيها تكوين الأوراق الجديدة مبكرًا مثل أتلانتك فترة قصيرة للنمو الجذرى بلغت حوالى ٦٠ يومًا، بينما استمرت فترة النمو الجذرى لمدة ٣٠ يومًا إضافية فى صنف مثل كارا الذى استمر فى تكوين أوراق جديدة لفترة أطول.

٦- بلغ الحد الأقصى للنمو الجذرى ١٦,٩ كجم/م٢ والحد الأقصى لكثافة النمو الجذرى ٥,٥ سم/سم٣، وهى أرقام مقاربة لما وجد فى دراسات سابقة على البطاطس وفى محاصيل مثل بنجر السكر، ولكنها أعلى بكثير عما فى عديد من محاصيل الخضر.

٧- انخفضت كثافة الجذور بالتعمق فى التربة، إلاّ أن المجموع الجذرى لم يكن سطحيًّا كما أشارت دراسات أخرى سابقة؛ فعندما كان النمو الجذرى قريبًا من حده الأقصى، أظهرت كثافة النمو الجذرى أن نحو ٤٠٪ إلى ٧٣٪ من الجذور كانت فى الثلاثين سنتيمترًا العلوية من التربة.

٨- من المهم جدًّا تجهيز التربة جيدًا بطريقة تسمح بأكبر تعمق للنمو الجذرى (Stalham & Allen ٢٠٠١).

تكوين السيقان الأرضية

السوق الأرضية هى رويزمات تبدأ فى النمو بعد ٧-١٠ أيام من ظهور النبت أعلى سطح التربة، وهى سوق حقيقية تنمو من العقد السفلى للنبت أسفل سطح التربة؛ وذلك فى تعاقب قاعدى قمى. وتمتد الساق الأرضية أسفل سطح التربة؛ وهى تتكون من عقد وسلاميات، وتوجد بها أوراق حرشفية، وجذور عند العقد. وقد تتفرع الساق الأرضية. ويحدث التفرع غالبًا عند العُقد التى تحمل جذورًا أكثر مما عند العقد التى لا تحمل جذورًا.

ويمكن أن تنمو السوق الجارية من أية عقدة توجد أسفل سطح التربة. ويوجد فى المتوسط ٩-١٢ عقدة على الساق الرئيسية لنبات البطاطس أسفل سطح التربة.

ويتوقف عدد السوق الجارية النامية على العوامل التالية:

١- الصنف: حيث يختلف عدد السوق الجارية باختلاف الأصناف.

٢- طول الفترة الضوئية: تؤدى زيادة الفترة الضوئية إلى زيادة عدد السوق الجارية.

٣- طول النبت: تؤدى زيادة طول النبت إلى زيادة طول السلاميات، ونقص عدد العقد أسفل سطح التربة؛ وبالتالى إلى نقص عدد السوق الجارية المتكونة.

أما طول السوق الجارية، فإنه يتوقف على كلٍ من: الصنف، وطول الفترة الضوئية؛ حيث يختلف طولها باختلاف الأصناف، كما تؤدى زيادة الفترة الضوئية إلى زيادتها فى الطول.

هذا .. وتؤدى إزالة السيقان الهوائية بقطعها عند سطح التربة، أو إزالة البرعم الطرفى والبراعم الجانبية بالسيقان الهوائية إلى نمو السيقان الأرضية لأعلى؛ لتكون أفرخ خضرية.

وضع وتكوين الدرنات

طريقة وضع الدرنات وازديادها فى الحجم

تبدأ درنات البطاطس فى التكوين خلال الأسبوعين السابع والثامن من الزراعة. وتتوافق تلك الفترة مع مرحلة تكوين البراعم الزهرية فى الأصناف المبكرة، ومع مرحلة الإزهار فى الأصناف المتأخرة.

تنمو البراعم الجانبية على سيقان البطاطس — تحت سطح التربة — إلى مدادات stolons؛ بسبب حدوث انقسامات مستعرضة للخلايا واستطالتها فى منطقة القمة النامية بالبراعم. وفى بداية مرحلة تكوين الدرنات تتوقف استطالة المدادة، وتزداد الخلايا فى كل من النخاع والقشرة فى الحجم وتنقسم طوليًّا؛ مما يؤدى إلى انتفاخ طرف المدادة. وعندما تصبح الدرنة بقطر ٠,٨ سم تتوقف الانقسامات الطولية، ولكن مع حدوث انقسامات عشوائية التوجه، وزيادة فى أحجامها فى منطقة تكوين النخاع، وتستمر إلى أن تصل الدرنات إلى حجمها النهائى (Xu وآخرون ١٩٩٨).

ولا يبدأ النبات فى وضع الدرنات إلا بعد أن يصل تركيز المواد الغذائية المجهزة إلى مستوى معين، خاصةً فى القمة النامية للسوق الجارية. وتنشأ الدرنة كانتفاخ فى قمة الساق الجارية ينمو تدريجيًّا. وأثناء ذلك يصبح البرعم الطرفى للساق الجارية هو البرعم الطرفى للدرنة، بينما تنفصل البراعم الجانبية التى توجد بالقمة الميرستيمية النامية للساق الجارية؛ لتصبح هى ذاتها البراعم والعيون الجانبية بالدرنة المتكونة. وتنشأ

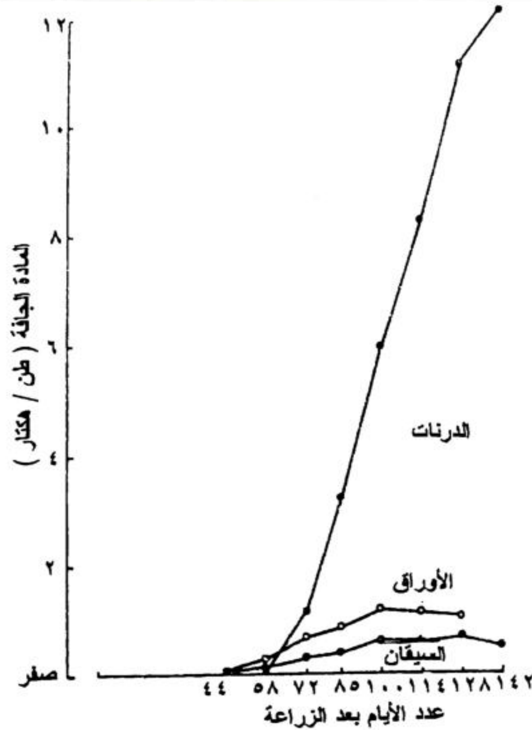
العيون فى آباط الأوراق التى كانت توجد أصلاً فى القمة النامية للساق الجارية. وتتكون العين من الحاجب — وهو أثر ورقة — ونحو ٣–١٥ برعمًا. وعلى الرغم من أن الدرنات تبدأ فى التكوين فى أطراف معظم السيقان الأرضية، إلا أن نسبة ضئيلة منها فقط هى التى تستمر فى النمو وتصل إلى أحجام صالحة للتسويق.

ويتمثل النمو الدرنى فى المراحل المبكرة فى ازدياد حجم خلايا المنطقة التالية للقمة النامية بالساق الجارية، دون أن يزداد عددها. وبعد بدء وضع الدرنة يحدث النمو الدرنى نتيجة للزيادة فى عدد وحجم خلايا الدرنة. وبعد أن تكبر الدرنة قليلاً فى الحجم يحدث النمو غالبًا؛ نتيجة للزيادة فى حجم الخلايا التى تكونت بالفعل قبل ذلك.

وبالإضافة إلى الدرنات الأرضية العادية، فقد تنمو درنات هوائية فى آباط الأوراق بالقرب من سطح التربة. وتظهر هذه الدرنات كانتفاخات على السيقان الهوائية، وتكون صغيرة، وخضراء اللون. ويحدث ذلك فى الظروف التى تؤدى إلى منع وصول الغذاء المجهز إلى الدرنات الأرضية وتراكمه بالدرنات الهوائية، كأن تُصاب النباتات بفطر الرايزكتونيا مثلاً (عن Smith ١٩٦٨، ومرسى ونورالدين ١٩٧٠).

ويوضح شكل (٧–١) كيف تسقبل الدرنات الجزء الأكبر من الغذاء الذى يقوم النبات بتصنيعه؛ فهى تشكل أكبر نسبة من المادة الجافة الكلية للنبات، كما يزداد الفارق بينها وبين باقى الأجزاء النباتية (الأوراق والسيقان) فى وزنها الجاف بمرور الوقت. أما السيقان الأرضية والجذور التى يسهل جمعها لتقدير وزنها الجاف، فإنها لا تشكل قرب الحصاد سوى نسبة بسيطة للغاية من الوزن الجاف الكلى للنبات. وتبلغ هذه النسبة ١٣٪ من الوزن الجاف للنبات فى عمر ٤٤ يومًا، وتنخفض إلى ٠,٣٪ فقط فى عمر ٩٨ يومًا (Harris ١٩٧٨).

وتستمر زيادة الدرنات فى الحجم حتى قتل النموات الخضرية استعدادًا للحصاد، وتحدث أكبر زيادة فى الحجم خلال الأيام العشرة التى تسبق قتل النموات الخضرية.



شكل (٧-١): تراكم المادة الجافة فى أوراق البطاطس وسيقانها ودرناتها مع تقدم النبات فى العمر.

العوامل المؤثرة على وضع الدرنات

يتأثر وضع الدرنات بالعوامل التالية:

درجة الحرارة:

تتكون درنات البطاطس وتنمو بصورة طبيعية حينما تتعرض النباتات لدرجات حرارة معتدلة الارتفاع (حوالى ٢٢ °م) خلال مراحل النمو الأولى للنبات، ثم لدرجة حرارة تميل إلى الانخفاض (حوالى ١٧ °م) فى مراحل النمو المتأخرة. وقد ذكر Cao & Tibbitts (١٩٩٤) أن انخفاض درجة الحرارة إلى ١٦ °م أدى إلى نقص محصول الدرنات قليلاً، بينما أدى استمرار انخفاضها إلى ١٢ °م إلى نقص المحصول بشدة. وفى المقابل.. توقف تكوين الدرنات فى حرارة ٢٤ °م، و٢٨ °م، بينما ازداد النمو الخضرى بشدة.

وعمومًا، فإن النمو الخضرى تناسبه درجات الحرارة الأعلى من ٢٠ °م، بينما يناسب النمو الدرنى درجات الحرارة الأقل من ٢٠ °م.

الفترة الضوئية

تؤدى الفترة الضوئية القصيرة إلى تحفيز النبات على وضع الدرنات. وقد سبقت مناقشة هذا الموضوع. وتعتبر القمة النامية للساق والأوراق التى تقل عن ٥ سم طولاً هى الجزء النباتى الذى يتأثر بالفترة الضوئية المهيئة لتكوين الدرنات؛ وهى الجزء الذى تتكون فيه المادة التى تحفز تكوين الدرنات. وتنتقل هذه المادة عبر نسيج منطقة الالتحام بين الأصل والطعم. وقد وُجد أن تطعيم الطماطم على البطاطس لا يتبعه تكوين درنات فى الأصل، إلا إذا كانت الدرنات قد تهيأت للتكوين قبل إجراء التطعيم. وبمعنى آخر.. فالنمو الخضرى للطماطم يمكنه تمثيل الغذاء اللازم لنمو درنة البطاطس، لكنه لا يصلح كمستقبل لتأثير الفترة الضوئية المهيئة لتكوين الدرنات، ولا تتكون به المادة التى تحفز تكوين الدرنات (Cutter ١٩٧٨).

وقد أوضحت دراسات Jackson وآخرين (١٩٩٦) أن فيتوكروم بى Phytochrome B يلزم لكى تؤثر الفترة الضوئية على وضع الدرنات فى *S. tuberosum* subsp. *andigena*، وأنها تنظم العمليات التى تؤدى إلى وضع الدرنات؛ بمنعها تكوين الدرنات فى دورات الفترات الضوئية غير المهيئة للإزهار، وليس بتحفيزها لوضع الدرنات فى دورات الفترات الضوئية المهيئة للإزهار.

مستوى المواد الكربوهيدراتية فى النبات

لا تبدأ الدرنات فى التكوين إلا بعد أن يصل مستوى المواد الكربوهيدراتية فى النبات إلى حدٍّ معين خاصة فى القمة النامية للسوق الجارية.

الـ pH

توصل Wan وآخرون (١٩٩٤) إلى أن موعد وضع الدرنات فى البطاطس وعددها/نبات يتأثران بالـ pH. وقد أجرى الباحثون دراستهم فى محاليل مغذية؛ حيث شتلت النباتات فى محلول ذى pH ٥,٥ — ثم بعد ثلاثين يومًا من الشتل — خفض الـ pH إلى ٣,٥، أو ٤,٠ لِمدة ١٠ ساعات يوميًّا، أو ترك على حالة عند ٥,٥، وكانت النتائج كما يلى:

معاملة الـ pH	بداية وضع الدرنات (اليوم من الشتل)	عدد الدرنات/نبات عند الحصاد
٥,٥/٣,٥	٤٢	١٤٠
٥,٥/٤,٠	٤٨	٤٠
٥,٥	٥٢	٢

وكانت السيقان الأرضية أكبر سمكًا وأقصر كلما انخفض pH المحلول المغذى.

الجبريللين

تؤدى معاملة البطاطس بالجبريللين بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون إلى تثبيط وضع الدرنات، حتى لو كان النهار قصيرًا. ويفسر ذلك انخفاض مستوى الجبريللين فى أنصال أوراق نباتات البطاطس فى الحارة المنخفضة والنهار القصير؛ وهى الظروف التى تشجع على وضع الدرنات.

بعض التغيرات الداخلية المصاحبة لوضع الدرنات

درس Taylor وآخرون (١٩٩٣) التغيرات فى تمثيل البولى أمينات خلال المراحل الأولى لتكوين الدرنات فى البطاطس، ووجدوا ما يلى:

١- ازداد مستوى الاسبرميدين Spermidine، والاسبرمين Spermine، كما ازداد نشاط الإنزيمات البنائية arginine decarboxylase، و ornithine decarboxylase، و s-adenosyl-L-methionie decarboxylase خلال المراحل الأولى لتكوين الدرنات، ثم انخفضت مستوياتها أو مستويات نشاطها أثناء ازدياد الدرنات فى الحجم.

٢- نقص مستوى البوترسين puterescine - تدريجيًّا - فى قمة المدادات الأرضية وفى الدرنات فى بداية تكوينها.

٣- كانت مستويات البولى أمينات ونشاط الإنزيمات البنائية فى الأعضاء النباتية الأخرى - مثل الجذور، والأوراق، والسيقان - أقل بكثير مما كانت عليه فى الدرنات.

ويستدل من دراسات Hourmant وآخرين (١٩٩٥) أن إضافة مركب - methylglyoxal-bis(guanylhydrazone) - وهو مثبط لتمثيل الـ spermidine - بتركيز ٠,٥ مللى مولار فى بيئة الزراعة (*in vitro*) أدت إلى تحفيز تكوين الدرنات، بينما

نقص محتوى الأوراق من البولى أمينات الحرة، وازداد محتوى الدرنات من البولى أمينات المرتبطة. كما أوضحت الدراسة أن الـ putrescine الذى تعامل به الأوراق ينتقل بحرية بين البراعم والدرنات، وأن تركيزه يزداد فى الدرنات عند المعاملة بمثبط الاسبرميدين.

ولمزيد من التفاصيل عن تأثير العوامل البيئية والتغذية على النمو النباتى وتكوين الدرنات فى البطاطس.. يراجع Moorby (١٩٧٨).

فسيولوجيا المحصول

البناء الضوئى وعلاقته بتراكم المادة الجافة ومحصول الدرنات

يمكن اعتبار محصول البطاطس محصلةً لأربعة عوامل؛ كما يلى:

١- مقدار الإشعاع الكلى الفعّال فى البناء الضوئى الذى تستقبله النموات الخضرية (Total PAR).

٢- كفاءة النمو الخضرى فى الاستفادة مما تستقبله من إشعاع فى إنتاج المادة الجافة (U).

٣- دليل الحصاد (R)، وهو نسبة المادة الجافة التى تخزن فى الجزء الاقتصادى من المحصول (الدرنات) من المادة الكلية التى يجهزها النبات.

٤- معكوس محتوى الدرنات من المادة الجافة (D).

وبذا.. فإن محصول الدرنات المتوقع (Y) يمكن حسابه بالمعادلة التالية:

$$Y = I \times U \times R \times 1/D$$

ويمكن افتراض أن الإنتاج اليومى الكلى من المادة الجافة يتساوى مع ما ينتجه محصول نامٍ تحت ظروف قياسية، والذى يمكن حسابه بالمعادلة التالية:

$$P = F \times Po + (1-F) \times Pc$$

حيث إن:

P = إجمالى الإنتاج اليومى من المادة الجافة لكل هكتار من محصول قياسى تغطى نمواته معظم سطح التربة.

P = Pc فى يوم صحو (جدول ٧-٢).

P = Po فى يوم غائمٍ (جدول ٧-٢).

F = الجزء من اليوم (كسر عشرى) الذى تسوده الغيوم.

ويمكن حساب الجزء من اليوم الذى تسوده الغيوم بالمعادلة التالية:

$$F = \frac{Hc - Ha}{0.8\text{-}Hc}$$

حيث إن:

Hc = قيمة متوسط الإشعاع (٤٠٠-٧٠٠ نانوميتر) فى يوم صحو (جدول ٧-٣).

Ha = الإشعاع الفعلى، والذى يساوى نصف الإشعاع الكلى global radiation المقدر فى محطة قريبة للأرصاد الجوية.

ولحساب صافى إنتاج المادة الجافة (Pnet) يتعين طرح الفقد فى المادة الجافة الناتج من التنفس يوميًّا. ولما كانت الحرارة تؤثر على كلٍّ من البناء الضوئى والتنفس، فإن العلاقة بينP، و Pnet يحددها العامل K، كما يلى:

$$Pnet = K \times P$$

حيث إن K ترتبط بدرجات الحرارة الصغرى والعظمى، كما تظهر فى جدول (٧-٤).

ومن الطبيعى أن النموات الخضرية لا تستقبل كل الإشعاع الساقط على الحقل، ويتوقف القدر المُستقبَل على نسبة أرض الحقل التى تغطيها النموات الخضرية الفعالة فى البناء الضوئى.

وبذا.. تصبح:

$$Pcal = C \times Pnet$$

حيث إن:

Pcal = الكمية المحسوبة من المادة الجافة المنتجة يوميًّا لكل هكتار من محصول معين.

C = نسبة الإشعاع المُستَقبَل — نسبة الغطاء النباتى.

بعد ذلك يأتى دور دليل الحصاد (R)؛ لأن اهتمامنا ليس بالمادة الجافة المنتجة الكلية، وإنما بنسبة ما يصل منها إلى الدرنات؛ وهى الجزء الاقتصادى من محصول البطاطس.

جدول (٧–٢): الكمية المحسوبة من المادة الجافة المنتجة (بالكيلوجرام من CH_2O لكل هكتار يوميًّا) فى محصول قياسى تغطى نمواته معظم سطح التربة، مع افتراض أن معدل البناء الضوئى عند التشبع الضوئى هو ٣٠ كجم من ثانى أكسيد الكربون (٢٠,٤٥ كيلوجرام من CH_2O) لكل هكتار يوميًّا.

خط العرض شمالاً	P(أ)	التاريخ											
		١/١٥	٢/١٥	٣/١٥	٤/١٥	٥/١٥	٦/١٥	٧/١٥	٨/١٥	٩/١٥	١٠/١٥	١١/١٥	١٢/١٥
صفر	Pc	٤٢٥	٤٣٨	٤٤٦	٤٤٢	٤٣٠	٤٢٠	٤٢٤	٤٣٧	٤٤٦	٤٤٢	٤٢٩	٤٢٠
	Po	٢٠٠	٢٠٨	٢١٣	٢١١	٢٠٣	١٩٧	١٩٩	٢٠٧	٢١٣	٢١١	٢٠٣	١٩٧
١٠	Pc	٣٨٢	٤٠٩	٤٣٥	٤٥٣	٤٥٧	٤٥٦	٤٥٧	٤٥٦	٤٤٥	٤٢٠	٣٩٠	٣٧٤
	Po	١٧٧	١٩٢	٢٠٧	٢١٧	٢١٨	٢١٧	٢١٨	٢١٨	٢١٢	١٩٨	١٨١	١٧٢
٢٠	Pc	٣٣١	٣٧٢	٤١٦	٤٥٥	٤٧٧	٤٨٥	٤٨٢	٤٦٦	٤٣٤	٣٨٩	٣٤٣	٣٢٠
	Po	١٤٨	١٧٠	١٩٥	٢١٧	٢٢٨	٢٣٢	٢٣٠	٢٢٣	٢٠٥	١٨٠	١٥٥	١٤٢
٣٠	Pc	٢٧٠	٣٢٤	٣٨٦	٤٤٨	٤٨٨	٥٠٦	٤٩٩	٤٦٨	٤١٤	٣٤٨	٢٨٦	٢٥٦
	Po	١١٥	١٤٤	١٧٧	٢١١	٢٣٣	٢٤١	٢٣٨	٢٢٢	١٩٢	١٥٧	١٢٣	١٠٨
٤٠	Pc	٢٠٠	٢٦٥	٣٤٦	٤٣٢	٤٩٢	٥٢٠	٥٠٩	٤٦١	٣٨٣	٢٩٥	٢١٩	١٨٤
	Po	٨٠	١١٢	١٥٣	١٩٩	٢٣١	٢٤٥	٢٤٠	٢١٥	١٧٣	١٢٨	٨٩	٧٢
٥٠	Pc	١٢٥	١٩٦	٢٩٣	٤٠٤	٤٨٨	٥٢٩	٥١٣	٤٤٥	٣٤٠	٢٣١	١٤٤	١٠٨
	Po	٤٣	٧٦	١٢٣	١٨١	٢٢٤	٢٤٥	٢٣٧	١٠٢	١٤٨	٩٣	٥٢	٣٥
٦٠	Pc	٤٥	١١٩	٢٢٧	٣٦٥	٤٨٠	٥٣٩	٥١٥	٤١٩	٢٨٤	١٥٧	٦٧	٣٥
	Po	١٠	٣٩	٨٩	١٥٦	٢١٣	٢٤١	٢٣٠	١٨٣	١١٦	٥٥	١٧	٥
٧٠	Pc	صفر	٣١	١٥٠	٣١٨	٤٧٧	٥٧٧	٥٣٥	٣٩٠	٢١٧	٧٤	صفر	صفر
	Po	صفر	٧	٤٩	١٢٥	٢٠٠	٢٤٣	٢٢٦	١٦٠	٧٩	١٨	صفر	صفر

(أ) Pc = إجمالى الإنتاج اليومى من المادة الجافة لكل هكتار فى يوم صحو.

Po = إجمالى الإنتاج اليومى من المادة الجافة لكل هكتار فى يوم غائم.

ملحوظة: يحسب إنتاج المادة الجافة عند خطوط العرض الأخرى — غير الموضحة فى الجدول — بالاستيفاء interpolation؛ فمثلاً.. يكون إجمالى إنتاج المادة الجافة فى يوم صحو عند خط عرض ١٤° شمالاً فى ١/١٥: كمايلى:

الإنتاج المحسوب = ٣٨٢ - $\frac{٤}{١٠}$ × (٣٨٢–٣٣١) = ٣٦٢ كجم من CH_2O لكل هكتار يوميًّا.

جدول (٧–٣): الإشعاع الكلى الساقط على الأرض (من الموجات الضوئية الفعّالة فى عملية البناء الضوئى، والتى تتراوح بين ٤٠٠، ٧٠٠ نانوميتر) مقدرة بالمليون جِوّل لكل مترٍ مربعٍ (10^6 J/m^2) فى يوم صحو.

خط العرض شمالاً	التاريخ											
	١/١٥	٢/١٥	٣/١٥	٤/١٥	٥/١٥	٦/١٥	٧/١٥	٨/١٥	٩/١٥	١٠/١٥	١١/١٥	١٢/١٥
صفر °	١٤,٠٠	١٤,٧٢	١٥,١٦	١٤,٩٥	١٤,٢٦	١٣,٧٧	١٣,٩٧	١٤,٦٨	١٥,١٧	١٤,٩٤	١٤,٢٣	١٣,٧٧
١٠ °	١٢,١٧	١٣,٤٤	١٤,٦٧	١٥,٤٣	١٥,٤٨	١٥,٣٤	١٥,٤١	١٥,٥١	١٥,٠٩	١٣,٩٥	١٢,٥٥	١١,٨٠
٢٠ °	١٠,٠٠	١١,٧٣	١٣,٦٨	١٥,٣٨	١٦,٢٢	١٦,٤٧	١٦,٣٨	١٥,٨٤	١٤,٤٨	١٢,٤٩	١٠,٥٠	٩,٥٣
٣٠ °	٧,٥٩	٩,٦٥	١٢,٢١	١٤,٨١	١٦,٤٥	١٧,١٢	١٦,٨٧	١٥,٦٤	١٣,٣٧	١٠,٦٢	٨,١٧	٧,٠٥
٤٠ °	٥,٠٦	٧,٣٠	١٠,٣٢	١٣,٧٤	١٦,١٨	١٧,٢٩	١٦,٨٦	١٤,٩٤	١١,٨٠	٨,٤٠	٥,٦٧	٤,٥٠
٥٠ °	٢,٦١	٤,٨٠	٨,٠٧	١٢,٢٠	١٥,٤٤	١٧,٠١	١٦,٤١	١٣,٧٥	٩,٨	٥,٩٦	٣,١٩	٢,١١
٦٠ °	٠,٦١	٢,٣٤	٥,٥٨	١٠,٢٥	١٤,٣١	١٦,٤٣	١٥,٦٠	١٢,١٥	٧,٤٧	٣,٤٢	١,٠٠	٠,٣٢
٧٠ °	صفر	٠,٣٨	٢,٩٨	٧,٩٩	١٣,٠٦	١٦,٠٩	١٤,٨٥	١٠,٢٨	٤,٨٩	١,١٠	صفر	صفر
٨٠ °	صفر	صفر	٠,٦٣	٥,٦٦	١٢,٨٧	١٦,٧٢	١٥,٢٤	٨,٨١	٢,٢٢	صفر	صفر	صفر
٩٠ °	صفر	صفر	صفر	٤,٨٦	١٣,٠٢	١٦,٩٩	١٥,٤٧	٨,٧٣	٠,١٩	صفر	صفر	صفر

ملحوظة: يحسب الإشعاع الكلى الساقط على الأرض عند خطوط العرض الأخرى غير الموضحة بالجدول بالاستيفاء interpolation؛ فمثلاً.. يكون الإشعاع الكلى الساقط على الأرض فى يوم صحو عند خط عرض ٥٢ شمالاً فى ٦/١٥؛ كما يلى:

$$\text{الإشعاع المحسوب} = ١٧,٠١ - \frac{٢}{١٠} \times (١٧,٠١ - ١٦,٤٣) = ١٦,٨٩ \text{ مليون جول/م}^٢.$$

ويتراوح دليل الحصاد عادةً بين ٠,٧٠، و ٠,٩٠؛ فعندما يسود الجو حرارة منخفضة، كما فى العروة الخريفية يتراوح دليل الحصاد عادةً بين ٠,٨٠، و٠,٨٥، بينما نجد فى ظروف الحرارة العالية (كما فى العروة الربيعية) أن دليل الحصاد قد يتراوح بين ٠,٧٥، و٠,٨٠ وللتحويل من محصول المادة الجافة إلى محصول الدرنات الطازجة، يفترض — عادة — أن الدرنات تحتوى على ٢٠٪ مادة جافة؛ وذلك فى كلٍّ من المناطق الاستوائية، والمناطق شبه الاستوائية (Van der Zaag ١٩٩١).

ويعطى Scott & Wilcockson (١٩٧٨) تفاصيل متقدمة عن علاقة الطرق والممارسات الزراعية التى تتبع فى إنتاج البطاطس باستقبال الأوراق للضوء، وتأثير ذلك على المحصول.

ويوضح شكل (٧-٢) العلاقة بين عدد السيقان الرئيسية (التى تنشأ من عيون الدرنة مباشرة) فى كل متر مربع من الأرض والمحصول الكلى، وكذلك محصول الدرنات من مختلف الأحجام، وتُبين هذه العلاقات رقميًّا فى جدول (٧-٥).

جدول (٧-٤): تقديرات تأثير درجة الحرارة على الإنتاج الصافى (Pnet) والإنتاج الكلى (P) معبرًا عنها بالعامل K.

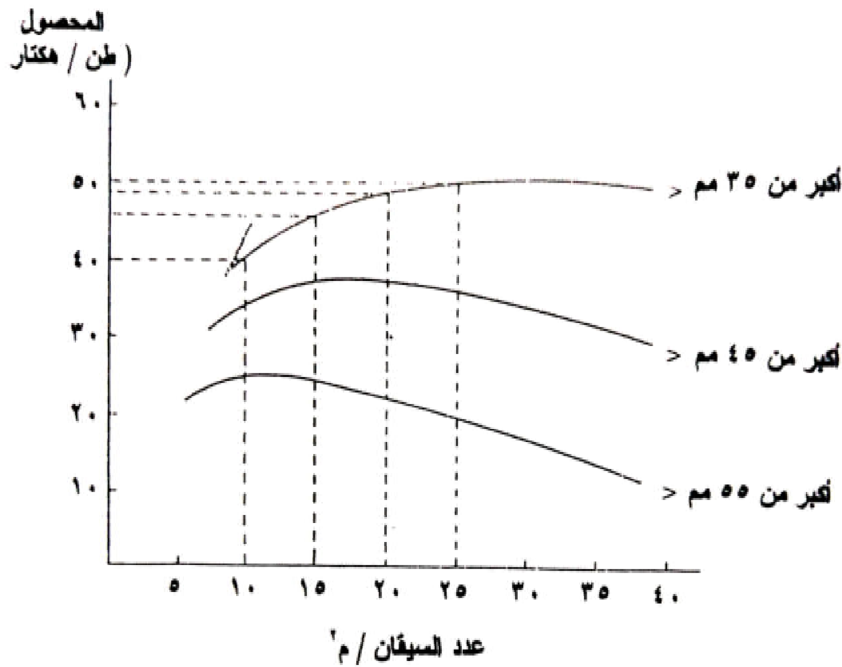
الحرارة العظمى (°م)	الحرارة الصغرى (°م)	صافى الإنتاج كنسبة من الإنتاج الكلى (K)
أقل من ١٥	أقل من ١٢	٠,٧٠
١٥-٢٥	أقل من ١٢	٠,٧٥
١٥-٢٥	أكثر من ١٢	٠,٧٠
٢٥-٣٠	أقل من ١٢	٠,٦٠
٢٥-٣٠	أكثر من ١٢	٠,٥٥
٣٠-٣٥	أقل من ١٥	٠,٤٥
٣٠-٣٥	أقل من ١٥	٠,٤٠

مكونات المحصول والتفاعلات فيما بينها

علاقة عدد السيقان بالمحصول، وعدد الدرنات المتكونة وحجمها

يتحدد المحصول الكلى للبطاطس بمتوسط عدد الدرنات التى تتكون بكل نباتٍ أو لكل ساق من سيقان النبات ما دامت قد وجدت درنة واحدة على الأقل لكل ساق؛ لكى تكون مخزنًا للغذاء الذى يجهز فى تلك الساق. ويترتب على ذلك أيضًا عدم وجود علاقة بين المحصول الكلى ومتوسط عدد الدرنات فى وحدة المساحة، أى إن زيادة المحصول الكلى تعنى زيادة حجم الدرنات المنتجة؛ وذلك عند ثبات العوامل الأخرى المؤثرة فى حجم الدرنات؛ فإذا رغب المنتج فى إنتاج درنات كبيرة الحجم، فإن عليه زيادة المحصول المنتج بكل الوسائل الممكنة. إما إذا رغب فى إنتاج درنات صغيرة

الحجم لاستعمالها كتقاوٍ، فإن عليه المواءمة بين الحجم المطلوب للدرنات والمحصول الكلى المنتج؛ نظرًا لما يوجد بينهما من علاقة عكسية.



شكل (٧–٢): العلاقة بين عدد السيقان الرئيسية فى كل متر مربع من الحقل والمحصول الكلى الناتج، وكذلك محصول الدرنات من مختلف الأحجام.

جدول (٧–٥): تقدير لتأثير عدد السيقان فى كل متر مربع من الحقل على المحصول الكلى، ومحصول مختلف الأحجام من درنات البطاطس.

عدد السيقان فى كل متر مربع	محصول الدرنات من مختلف الأحجام (طن/هكتار)			
	٣٥– ٤٥ مم	٤٥– ٥٥ مم	أكبر من ٥٥ مم	الكلى (أكبر من ٣٥ مم)
٥	٣	٥	١٠	١٨
١٠	٤	٧	١٣	٢٤
١٥	٥	١٠	١٣	٢٨
٢٠	٧	١٣	١٠	٣٠

العوامل المؤثرة فى عدد سيقان النبات

يتحدد عدد السيقان الرئيسية فى كل متر مربع من الحقل بكلٍّ من عدد العيون المزروعة (وهو بدوره محصلة لكلٍّ من كثافة الزراعة وعدد العيون بقطعة التقاوى)، وما إن كانت العين تعطى ساقًا واحدة، أو أكثر من ساق، أو لا تنبت على الإطلاق.

وعلى الرغم من أن عدد العيون المزروعة يتأثر بكلٍّ من حجم درنة التقاوى، والصنف، وكثافة الزراعة، إلا أن عدد العيون لا يتناسب طرديًّا مع حجم أو وزن الدرنة؛ إذا إن عدد العيون يزداد إذا استخدمت درنات صغيرة فى الزراعة؛ مقارنةً باستخدام درنات كبيرة؛ وذلك عند ثبات كمية التقاوى المستعملة فى زراعة وحدة المساحة. كما أن عدد العيون فى وحدة الوزن من الدرنات يختلف من صنفٍ لآخر؛ فمثلاً.. تحتوى وحدة الوزن من درنات الصنف بنجى Bintje على عدد أكبر من العيون مما فى الصنف آجاكس Ajax، ولكن هذه الاختلافات تكون — عادةً — صغيرة.

ومن المنطقى أن يتناسب عدد العيون المزروعة خطيًّا مع عدد الدرنات المزروعة؛ أى مع كثافة الزراعة، ولكن نجد — واقعيًّا — أن عدد السيقان/نبات يقل بزيادة كثافة الزراعة؛ وذلك بسبب عامل المنافسة بين النباتات.

ويتوقف عدد السيقان التى تنتجها الدرنة الواحدة على العوامل التالية:

١- العمر الفسيولوجى لدرنة التقاوى

تكون ظاهرة السيادة القمية قوية فى الدرنات الحديثة (الصغيرة العمر فسيولوجيًّا)، مقارنة بما تكون عليه الحال فى الدرنات التى خزنت لفترات طويلة نسبيًّا (الكبيرة العمر فسيولوجيًّا). وعند زراعة هذه الدرنات الصغيرة فسيولوجيًّا لا تنتج - عادة — سوى ساق أو ساقين على الأكثر بكل نبات؛ بسبب قوة السيادة القمية فيها.

وتلاحظ هذه الظاهرة عند زراعة التقاوى المستوردة من غربى أوروبا فى شهر ديسمبر؛ حيث لا تكون قد ضعفت فيها — بعد — حالة السيادة القمية إلى المستوى الذى يمكنها من إنتاج ٤-٥ سيقان بكل نبات. وبالمقارنة.. تكون الدرنات المنتجة محليًّا

فى شهر مايو أو يونيو كبيرة العمر فسيولوجيًّا عند زراعتها فى شهر سبتمبر أو أكتوبر؛ ولذا.. يكون عدد السيقان المنتجة/نبات فى العروة الخريفية أكبر منه فى العروة الصيفية؛ بافتراض تساوى وزن درنة التقاوى فى العروتين. هذا.. إلا أن ارتفاع درجة الحرارة وقت الزراعة فى العروة الخريفية يؤثر سلبيًّا على إنبات العيون، ويقلل من عدد السيقان الفعلى/نبات عن العدد المتوقع/نبات فى تلك العروة.

٢- درجة الحرارة التى خزنت عليها التقاوى

يؤدى تخزين التقاوى فى حرارة عالية إلى التخلص السريع من حالة السكون قبل أن تضعف فيها السيادة القمية؛ الأمر الذى يؤدى إلى نمو عددٍ قليلٍ من السيقان من كل درنة.

٣- الأضرار التى يمكن أن تحدث للنموات عند زراعتها آليًّا

يتوقف مقدار هذه الأضرار على سمك النبت وطوله؛ حيث يزيد الضرر كلما كان النبت رفيعًا وطويلاً؛ الأمر الذى يحدث عند استبنات التقاوى فى الظلام أو فى إضاءة ضعيفة. كما يختلف مقدار الضرر الحادث باختلاف الزراعة. وأغلب الظن أن الدرنات التى يكسر فيها النبت من قاعدته تنمو عيونها الأخرى معطية أكثر من نبت جديد، وأن الدرنات التى يكسر فيها النبت من قمته تنمو بعض براعمه الجانبية الأخرى معطية أكثر من ساق جديدة، وتكون النتيجة زيادة عدد السيقان المتكونة بالنبات الواحد، ولكن ذلك يكون مصاحبًا بتأخير فى الإنبات، وعدم انتظامه.

٤- الصنف

تختلف الأصناف بطبيعتها فى عدد العيون التى توجد فى وحدة الوزن من الدرنة، وفى عدد العيون التى تنبت منها لتعطى سيقانًا (Van der Zaag ١٩٩١).

وتجدر الإشارة إلى أن تكوين الفروع القاعدية يقل كلما ازداد عدد السيقان الرئيسية بالمتر المربع، إلى أن يتوقف تكوين الفروع — تقريبًا — عند وجود ٢٤ ساقًا رئيسية بكل متر مربع من الأرض. كذلك تقل مساحة الورقة بزيادة عدد السيقان الرئيسية (Vos ١٩٩٥).

السيقان الأرضية والعوامل المؤثرة فيها، وفى وضع الدرنات

تتكون السيقان الأرضية (المدادات) Stolons – عادة — عند قاعدة الساق فى العقد القريبة من درنة التقاوى، وتكون هذه المدادات — عادة — أطول من تلك التى تتكون بعد ذلك من العقد الأعلى. كما يكون عدد المدادات المتكونة عند كل عقدة أكثر فى العقد السفلى منه فى العقد العليا؛ وهى التى ينمو من كل عقدة منها ساقًا أرضية واحدة. وينمو — عادة — ما بين ٥ و ١٥ مدّادًا من كل ساق، ولكن المدادت لا تكوِّن درنات؛ حيث تتراوح النسبة التى تكون درنات بين ٣٠٪ و ٥٠٪. وعلى الرغم من عدم اختلاف الأصناف كثيرًا فى عدد المدادات التى تتكون بكل ساقٍ، إلا أنها تختلف فى نسبة المدادت التى تعطى درنات.

ويقل عدد المدادت التى تتكون بكل ساقٍ بزيادة عدد السيقان فى وحدة المساحة، بينما يزيد عددها بزيادة التسميد الآزوتى.

وتكون المدادت قصيرة (وتلك صفة مرغوبة) فى الحرارة المنخفضة، وفى المستويات المنخفضة من النيتروجين، وفى الأرض الجافة والثقيلة، علمًا بأن هذه العوامل تؤدى إلى خفض مستوى الجبريللين، وزيادة مستوى الإيثيلين فى النبات (Van der Zaag ١٩٩١).

وتجدر الإشارة إلى أن السيقان الأرضية لا تتكون إلا فى وجود سيادة قمية للساق التى تنمو فيها؛ فلو أُزيلت القمة النامية وجميع البراعم الجانبية للساق الخضرية، فإن الساق الأرضية تنمو إلى ساق هوائية خضرية. ويرتبط تكوين المدادات — عامة — بتوافر تركيزات عالية من الجبريللين فى البراعم التى تكون تحت تأثير السيادة القمية (Wareing ١٩٨٢).

وتكون بداية وضع الدرنات فى نهايات المدادت التى تنمو من العقد السفلى للساق، ثم تتكون الدرنات فى المدادات الأعلى بصورة تدريجية. ولا يتعدى فرق التوقيت بين بداية تكوين المدادات وبداية تكوين الدرنات فى أطرافها أكثر من أسبوع واحد. وكلما قصرت الفترة بين الزراعة وتكوين المدادات، كلما قصرت الفترة كذلك بين تكوين المدادات وتكوين الدرنات.

وتتوافر أدلة قوية على وجود عامل محفز لتكوين الدرنات ينتقل خلال التطعيم، وينتج فى النباتات فى دورات الفترات الضوئية القصيرة المهيئة للإزهار، ولكن لا تعرف طبيعة هذا العامل.

كذلك يُثَّبط تكوين الدرنات فى وجود تركيزات عاليةٍ من حامض الجبريلليك، بينما يؤدى وجود السيتوكينينات وحامض الأبسيسك إلى تحفيز تكوينها (Wareing ١٩٨٢).

سكون الدرنات

تدخل درنات البطاطس بعد حصادها فى فترة سكون dormancy period لا تثبت خلالها الدرنات، حتى لو تهيأت لها الظروف المناسبة للإنبات، وذلك بسبب وجود عوامل داخلية تمنعها من الإنبات. أما عندما لا تنبت الدرنات لعدم توفر الظروف الخارجية المناسبة للإنبات، فإنها تعرف بأنها "هامدة" quiescent.

وتعرّف فترة السكون — عادة — بأنها الفترة التى تمر بين بداية تكون الدرنات فى أطراف السيقان الجارية إلى حين نمو البراعم بطول ملليمترين فى ظروف تخزينية مناسبة للتبرعم (Ittersum وآخرون ١٩٩٢).

العوامل المؤثرة على طول فترة السكون

يتأثر طول فترة السكون بالعوامل التالية:

الصنف

تختلف الأصناف فى طول فترة السكون، فمثلاً يعد الصنف داكشِب Dakchip من الأصناف القصيرة نسبيًّا فى فترة السكون، بينما يعد الصنف رست بيربانك Russet Burbank من الأصناف ذات فترة السكون الطويلة (Bogucki & Nelson ١٩٨٠). وتتراوح فترة السكون — عادة — بين خمسة أسابيع وعشرين أسبوعًا حسب الصنف.

وقد أوضحت دراسات Leclerc وآخرون (١٩٩٥) وجود ارتباط جوهرى بين طول فترة السكون فى كلٍّ من الدرنات العادية والدرنات الصغيرة جدًّا Microtubers الناتجة من زراعات الأنسجة، وذلك فى مختلف الأصناف.

وتكون فترة السكون قصيرة غالبًا فى الأصناف المبكرة، وفى الأصناف التى يكثر فيها النمو الثانوى، وأيضًا فى الأصناف المقاومة للجفاف. إلا أن العلاقة بين التبكير فى النضج وقصر فترة السكون غير مؤكدة، ولم تظهر أحيانًا. وفيما عدا ذلك.. فلا يوجد ارتباط بين طول فترة السكون والصفات النباتية الأخرى.

درجة الحرارة السائدة قبل الحصاد

يؤدى الارتفاع فى درجة الحرارة قبل الحصاد بفترة — أى أثناء نشاط النموات الخضرية — إلى تقصير فترة السكون. وقد تؤدى زيادة الرطوبة الأرضية مع ارتفاع درجة الحرارة إلى كسر سكون الدرنات وهى ما زالت فى التربة قبل الحصاد.

وقد وجد Ittersum & Seholte (١٩٩٢ب) أن ارتفاع الحرارة نهارًا إلى ٣٠ ْم — ٣٢ ْم لمدة أربعة أسابيع بعد وضع الدرنات أدى إلى تقصير فترة السكون فى الصنف دايمنت؛ مقارنة برفع الحرارة نهارًا إلى ٢٢ ْم — ٢٦ ْم، والتى لم تكن مؤثرة فى هذا الشأن. وبالمقارنة، فإن فترة سكون درنات الصنف ديزريه ازدادت طولاً عندما رفعت الحرارة نهارًا أثناء نمو النباتات إلى ٢٢ ْم — ٣٢ ْم. وفى جميع الحالات.. أدى ارتفاع الحرارة أثناء نمو النباتات إلى نمو عدد أكبر من البراعم بعد انتهاء فترة السكون.

شدة الإضاءة وطول الفترة الضوئية قبل الحصاد

تضاربت الآراء بشأن تأثير شدة الإضاءة وطول الفترة الضوئية على طول فترة السكون. وتبين من دراسات Itersum (١٩٩٢ب) أن خفض شدة الإضاءة بنسبة ٥٠٪–٧٥٪ قبل الحصاد بفترة قصيرة أدى إلى تقصير فترة السكون بمقدار ٥–٧ أيام. كما أدت زيادة الفترة الضوئية من ١٢ إلى ١٨ ساعة لمدة ٤–٦ أيام بعد بداية تكوين الدرنات بفترة قصيرة إلى تقصير فترة السكون بمقدار ٧ أيام.

مدى نضج الدرنة عند الحصاد

تكون فترة السكون أطول فى الدرنات التى تحصد قبل تمام نضجها، عما فى الدرنات التى تحصد بعد تمام نضجها؛ لأن فترة السكون تحسب من بدء وضع الدرنات؛ وذلك يعنى انقضاء جزء كبير من هذه الفترة قبل الحصاد فى الدرنات التى تحصد وهى مكتملة النضج.

معاملات تثبيط إنبات البراعم التى تجرى قبل الحصاد

تؤدى معاملة النبات قبل الحصاد بمثبطات التبرعم؛ مثل: الماليك هيدرازيد، أو إستر الميثايل لنفثالين حامض الخليك إلى إطالة فترة السكون بدرجة كبيرة بعد الحصاد.

الجروح التى تحدث بالدرنات أثناء حصادها وتداولها

يؤدى كشط البيريدرم أو تقطيع أو تقشير الدرنة إلى كسر حالة السكون (Burton ١٩٧٨).

حجم الدرنة

وجد لدى مقارنة الدرنات الصغيرة والكبيرة الحجم من الصنف الواحد — والتى بدأت فى التكوين فى نفس الوقت وحصدت فى وقت واحد — أن فترة السكون كانت فى الدرنات الصغيرة الحجم أطول مما فى الدرنات الأكبر حجمًا. وربما يرجع ذلك إلى أن تركيز المواد المانعة للإنبات يكون أقل فى الدرنات الكبيرة الحجم، والتى تكون مكتنزة بالمواد الغذائية.

هذا.. إلا أن الأصناف تختلف فى هذا الشأن؛ فقد وجد Ittersum (١٩٩٢أ) علاقة سالبة بين طول فترة السكون والجذر التكعيبى لوزن الدرنة فى الصنف ديامنت، بينما لم تلاحظ أية علاقة بين طول فترة السكون ووزن الدرنة فى الصنف ديزريه. وفى دراسة أخرى (Ittersum & Struik ١٩٩٢) كان الاختلاف فى وزن الدرنات، والعلاقة السالبة بين وزنها وطول فترة السكون أكثر العوامل إسهامًا فى الاختلافات المشاهدة فى طول تلك الفترة. كما وجدت نفس العلاقة السلبية بين حجم الدرنات وطول فترة السكون فى الدرنات الصغيرة جدًّا الناتجة من زراعات الأنسجة؛ وذلك لدى مقارنة الدرنات التى يقل وزنها عن ٢٥٠ ملليجرامًا بالدرنات التى يزيد وزنها على ذلك (Leclerc وآخرون ١٩٩٥).

ويرتبط حجم الدرنة — إلى حدٍّ كبير — بموعد وضعها؛ حيث تكون الدرنات المتأخرة فى ترتيب وضعها أصغر حجمًا؛ الأمر الذى تأكد من دراسات Ittersum & Struik (١٩٩٢) التى أوضحت وجود علاقة موجبة بين موعد وضع الدرنات وطول فترة سكونها.

درجة حرارة التخزين

توجد علاقة عكسية مباشرة بين درجة حرارة التخزين، وطول فترة السكون؛ فمثلاً وجد أن فترة السكون تقصر مع ازدياد حرارة التخزين من ٤ ْم إلى ٢١ ْم. وعندما قورنت فترة السكون فى حرارة ٣ ْم، و ٥ ْم، و ١٠ ْم، و٢٠ ْم وجد أن فترة السكون كانت أطول بنسبة ١٥٠٪، و٦٧٪، وأقصر بنسبة ١٨٪ عند التخزين فى حرارة ٣ ْم، أو ٥ ْم، أو ٢٠ ْم — على التوالى — بالمقارنة بالتخزين فى حرارة ١٠ ْم. ويوضح جدول (٧–٦) كيف أن فترة السكون تقصر مع ارتفاع حرارة التخزين من ٤,٤ ْم إلى ٢٢,٥ ْم فى جميع الأصناف المختبرة، سواء أحُسبَت فترة السكون المطلقة من بداية وضع الدرنات، أم من بعد الحصاد (Burton ١٩٦٣).

جدول (٧–٦): تأثير درجة حرارة التخزين على طول فترة السكون فى عدد من أصناف البطاطس.

الصنف	فترة السكون بالأسبوع عند تخزين الدرنات فى حرارة (ْم)					
	٤,٤		١٠		٢٢,٥	
	من بداية تكون الدرنات	من بعد الحصاد	من بداية تكون الدرنات	من بعد الحصاد	من بداية تكون الدرنات	من بعد الحصاد
Arran Consul	< ٤٢	< ٢٨	٢٦	١٢	٢٢	٨
Arran Pilot	٣٠	١٢	٢٣	٥	٢٣	٥
Arran Victory	٢٨	١٢	٢١	٥	١٩	٣
Arran Viking	٣١	١٦	٢٠	٥	٢٣	٨
Craig's Defiance	٢٥	٨	٢٣	٦	٢٠	٣
Golden Wonder	٤١	٢٦	٢٧	١٢	٢٣	٨
Home Guard	٣١	١٢	٢٤	٥	٢٢	٣
King Edward	٣١	١٦	٢١	٦	٢٠	٥
Majestic	<٤٤	<٢٨	٢٨	١٢	٢٤	٨
Ulster Chieftain	٣٤	١٦	٢٣	٥	٢٣	٥
Ulster Prince	٣٣	١٤	٣٣	١٤	٢٧	٨

وقد وجد Ittersum & Scholte (١٩٩٢أ) أن تخزين الدرنات فى حرارة ٢٨ ْم أدى إلى تغير فترة السكون فيها لمدد وصلت إلى ٤٥ يومًا فى الأصناف ذات فترات السكون الطويلة. كذلك أدى وضع الدرنات فى حرارة ٢٨ ْم لمدة ١٠ أيام أو ٢٠ يومًا — قبل تخزينها فى حرارة ١٨ ْم — إلى تقصير فترة السكون فيها بنحو ٢–٣ أسابيع؛ وذلك فى جميع الأصناف التى شملتها الدراسة.

ظروف وعوامل التخزين الأخرى

من عوامل التخزين الأخرى التى تؤثر على سكون الدرنات ما يلى:

الرطوبة النسبية

تقصر فترة السكون عند ارتفاع الرطوبة النسبية فى هواء المخزن.

الضوء

بينما تشير بعض الدراسات إلى عدم وجود أى تأثير للضوء على طول فترة السكون نجد أن دراسات أخرى تفيد بأن التعريض للضوء يطيل فترة السكون فى الدرنات الناضجة، وينقصها فى الدرنات غير الناضجة. وقد فسر ذلك على أساس أن الضوء ربما يساعد على التخلص من بعض مثبطات النمو التى توجد بكثرة فى الدرنات غير الناضجة؛ مما يؤدى إلى تقصير فترة سكونها، بينما يعمل الضوء على تكوُّن الكلوروفيل فى الدرنات الناضجة، واحتمال تَكَوُّن مثبطات للنمو فى صورة بروتينات متحدة مع الكلوروفيل.

ومن ناحية أخرى.. فإن تعريض الدرنات للضوء يؤدى إلى قصر النموات المتكونة وتتراوح أطوال الموجات المؤثرة فى هذا الشأن من ٣٥٠–٤٥٠، ومن ٦٥٠–٩٥٠ مللى ميكرون.

الغازات

تكون فترة السكون أقصر ما يمكن عندما يتراوح تركيز الأكسجين فى هواء المخزن من ٥٪–١٠٪. وتطول فترة السكون تدريجيًّا بزيادة تركيز الغاز إلى أن ينعدم التنبيت عندما يصل تركيز الأكسجين إلى ٦٠٪–٨٠٪. أما بالنسبة لغاز ثانى أكسيد الكربون، فإن فترة السكون تكون أقصر ما يمكن بزيادة تركيز الغاز حتى ٢٪–٤٪، وتطول فترة

السكون تدريجيًّا بزيادة تركيز الغاز إلى أن ينعدم التنبيت عندما يصل تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٥٪. ويؤدى تعريض الدرنات لغاز الإيثيلين أو إلى أبخرة المركبات الكبريتية إلى تحفيزها نحو الإنبات.

وقد كانت أكثر معاملات الجو المتحكم فى مكوناته تأثيرًا فى تخليص درنات البطاطس من حالة السكون وتزريعها، هى: ٢٠٪ CO_2/ ٤٠٪ O_2، و ٦٠٪ ١٨٪/CO_2–٢٠٪ O_2، وازداد تأثير المعاملتين عندما عوملت الدرنات — كذلك — بالإيثلين بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون (Coleman & McInerney ١٩٩٧).

وأمكن إخراج الدرنات الصغيرة جدًّا microtubers من سكونها، مع خفض إصابتها بالأعفان وتحقيق أفضل نمو برعمى منها، وذلك فى خلال ١٢ يومًا من معاملتها بثنائى كبريت الكربون carbon disulphide (CS_2) (Kim وآخرون ١٩٩٦).

معاملات منظمات النمو

أولاً: المعاملة بالجبريللين

تؤدى معاملة نباتات البطاطس أثناء نموها بالحقل بالجبرييلين GA_3 إلى إنهاء سكون الدرنات التى فى طور التكوين، وتبرعمها وهى ما زالت فى التربة، وتزداد نسبة الدرنات النابتة بزيادة التركيز المستخدم، ومع التبكير فى توقيت المعاملة، كما هو مبين فى جدول (٧–٧).

جدول (٧–٧): تأثير تركيز الجبريللين المستخدم فى معاملة نباتات البطاطس وموعد المعاملة على نسبة الدرنات النابتة قبل الحصاد (عن Devlin ١٩٧٥).

تركيز الجبريللين (جزء فى المليون)	نسبة الدرنات النابتة عند إجراء المعاملة قبل الحصاد بفترة (أسبوع)		
	١	٢	٤
صفر	٠,٢	١,٤	صفر
١٠	١,٥	١,٥	٣,٠
٥٠	٠,٤	١٨,٠	٥٨,٣
١٠٠	٢,١	٣٤,٣	٧٥,٦
٥٠٠	٥,٨	٥٠,٠	٨٣,٦

وقد وجد أن معاملة نباتات البطاطس فى الحقل قبل حصادها بنحو ٦ أيام بالجبريللين بمعدل ٣٧٥-٧٥٠ جرامًا للهكتار (١٥٦-٣١٢ جم/فدان) أدت إلى سرعة إنبات درناتها بعد الحصاد، دون أن يكون لهذه المعاملة تأثيرات سلبية على المظهر الخارجى للنباتات، وذلك باستثناء حدوث تبرعم طفيف لبعض الدرنات قبل الحصاد. وبالمقارنة بالدرنات التى حصل عليها من نباتات غير معاملة بالجبريللين، فإن هذه المعاملة أدت إلى تقصير فترة السكون بمقدار ٤٠ يومًا فى الصنف ديامنت عندما خزنت درناته على ١٨°م، و٩٠ يومًا فى الصنف ديرزيه عندما خزنت على ٢٨°م (Ittersum & Scholte ١٩٩٣، و Ittersum وآخرون ١٩٩٣).

وتؤدى معاملة الدرنات الحديثة الحصاد بالجبريللين إلى تقصير فترة السكون، وإسراع التنبيت، وزيادة طول النموات الجديدة. وعند زراعة هذه الدرنات نجد أنها تنبت بسرعة أكبر، ويزداد المحصول أحيانًا. ويكفى لإحداث هذه التأثيرات مجرد غمس الدرنات فى محلول جبريللين بتركيز جزء واحد فى المليون (Weaver ١٩٧٢). وتؤدى زيادة التركيز عن خمسة أجزاء فى المليون إلى إحداث زيادة كبيرة فى طول السلاميات، والسيقان الأرضية، وتأخير نمو الدرنات والأوراق، واصفرار النموات الهوائية، مع احتمال نقص المحصول.

وتقل فاعلية الجبريللين فى كسر سكون الدرنات بزيادة الفترة من الحصاد لحين المعاملة، ومع انخفاض درجة حرارة التخزين. ولا تبدأ الدرنات المعاملة فى الإنبات إلا بعد أسبوع أو أسبوعين من معاملتها.

ومن أهم التأثيرات الأخرى التى تُحدثها معاملة الجبريللين للتقاوى أنها تؤدى إلى زيادة عدد السيقان التى تنبت من قطعة التقاوى، وزيادة عدد الدرنات التى تتكون على النبات، وزيادة استطالة الدرنات المتكونة، وتصبح مدببةً قليلاً عند الأطراف، خاصة فى التركيزات العالية.

وإلى جانب ما تقدم.. نجد أن المعاملة بالجبريللين تفيد فى كسر سكون الدرنات التى أُنتجت من حقول عوملت بالماليك هيدرازيد. ويلزم لأجل ذلك نقع الدرنات فى

محلول جبريللين بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون، كما أن الدرنات التى فقدت المقدرة على الإنبات بسبب معاملتها بأشعة جاما؛ يمكنها أن تستعيد مقدرتها على الإنبات فى خلال ٢٠ يومًا من معاملتها بالجبريللين بتركيز ٢٥٠ جزءًا فى المليون.

وتجدر الإشارة إلى أن الدرنات الصغيرة جدًّا microtubers تستجيب للمعاملة بالجبريللين بتركيز ١٠^-٤ مولارًا فى بيئة الزراعة بتحفيز التبرعم (وليس بكسر السكون)، وزيادة طول النبات (Désiré وآخرون ١٩٩٥ب).

ثانيًا: المعاملة بالكينينات

وجد أن المعاملة بالكينينات: كينين kinin، وكينتين kinetin وزياتين zeatin، وبنزيل أدنين benyzladenine تؤدى إلى كسر السكون فى درنات البطاطس. وكان نقع الدرنات الكاملة فى محلول البنزيل أدنين benyzladenine أكثر تأثيرًا فى كسر السكون من المعاملة بأى من الكاينتين أو حامض الجبريلليك.

وقد لوحظ أن معاملة درنات البطاطس بالكينتين أو بالزياتين أدت إلى نقص المثبطات الحامضية التى تعرف باسم β-inhibitors التى يزداد تواجدها خلال مرحلة سكون الدرنات؛ الأمر الذى قد يعطى مؤشرًا إلى كيفية فعل الكينينات فى كسر حالة السكون (Stallknecht ١٩٨٣).

المعاملة بالتيار الكهربائى

كانت للمعاملة بالتيار الكهربائى — سواء أكان التيار مستمرًا Direct (DC)، أم مترددًا alternating (AC) — فاعلية كبيرة فى إنهاء حالة السكون فى درنات البطاطس، وأدت إلى زيادة عدد البراعم النابتة عن المعاملة بأى من الكينتين، أو حامض الجبريلليك (Kocacaliskan ١٩٩٠).

المعاملة بالإشعاع

تؤدى المعاملة بجرعة مقدارها ٥٠٠٠-٢٠٠٠٠ راد Rad من أشعة جاما إلى منع

إنبات الدرنات لفترات طويلة جدًّا، وربما توقف الإنبات نهائيًّا، كما تُحدث المعاملة بأشعة X تأثيرات مماثلة.

التغيرات الداخلية المصاحبة لسكون الدرنات

لا يوجد حد يمكن اعتباره فاصلاً بين الدرنات الساكنة والدرنات التى على وشك الانتهاء من فترة السكون؛ لأن التغيرات التى تحدث فى الدرنات، وتؤدى إلى إنهاء حالة السكون تكون بصورة تدريجية تمامًا. وعلى الرغم من وجود علاقة ما بين حالة السكون وبين المستوى المرتفع لحامض الجبرلليك والمستوى المنخفض لحامض الأبسيسك abscisic acid، فإن الارتباط التام معهما يعوزه الدليل الكمى (Burton ١٩٧٨).

ولقد لوحظ أن انتهاء حالة السكون فى الدرنات يصاحبها نفص تدريجى فى كلٍ مما يلى:

١- تركيز مثبطات النمو، مثل حامض الأبسيسك، وحامض الكافييك Caffeic acid؛ فقد وجد أن تركيز الحامض الأخير يزداد تدريجيًّا فى درنات البطاطس أثناء نضجها، ثم يقل تركيزه تدريجيًّا مع انتهاء فترة السكون إلى أن يختفى تمامًا فى البراعم النابتة.

٢- نشاط إنزيمات الكاتاليز Catalase، والتيروزِنير Tyrosinase، والبولى فينول أوكسيديز Polyphenol oxidase.

٣- تركيز حامض الأسكوربيك.

ومن ناحية أخرى.. فانتهاء فترة السكون تصاحبها زيادة تدريجية فى كل مما يلى:

١- تركيز الجبريللينات:

وجد أن تركيز الجبريللين فى عيون وقشرة الدرنة كان ٠,٣ ميكروجرام/كجم وزن طازج بعد ٢٥ يومًا من الحصاد، ثم ارتفع بعد ٢٥ يومًا أخرى عند انتهاء فترة السكون إلى ٣,٦ ميكروجرام/كجم من الدرنات الطازجة.

٢- تركيز الأوكسينات، ولكن الأوكسينات لا تُنهى حالة السكون، وإنما تُحفز نمو السيقان بعد انتهاء السكون.

٣- تحلل البروتين وانتقاله من الدرنة إلى النبت.

٤- تركيز الجلوتاثيون glutathione؛ حيث يزداد التركيز – تدريجيًّا – ابتداءً من بعد الحصاد وإلى حين انتهاء حالة السكون.

٥- معدل التنفس، ولكن يبدو أن زيادة معدل التنفس يصاحب نمو البراعم ولا يكون سببًا فى إنهاء حالة السكون.

٦- نشاط بعض الإنزيمات، مثل: الأميليز، والفلوفو بروتين أوكسيديز.

٧- المقدرة على تمثيل الرنا (حامض الـ آر إن إى RNA)، بينما لا يمكن للبراعم الساكنة تمثيل هذا الحامض، حتى لو أُخذ الكروماتين منها ووضع مع كافة المكونات اللازمة لتمثيله (Burton ١٩٦٣، و Devlin ١٩٧٥، و Hemberg ١٩٨٥).

ويبدو أن سكون براعم درنات البطاطس ينظمه التفاعل بين كلٍ من الجبريللينات وحامض الأبسيسك؛ حيث تؤدى معاملة البراعم غير الساكنة بحامض الأبسيسيك إلى منع نموها، ولكن ذلك لا يحدث إلا مع استمرار المعاملة؛ وبتركيزات عالية نسبيًّا. كذلك توجد مثبطات نموٍّ أخرى غير حامض الأبسيسيك فى البراعم الساكنة (Wareing ١٩٨٢).

كما وجد ارتباط معنوى موجب بين طول فترة السكون وتركيز حامض الأبسيسك فى أنسجة الدرنات الصغيرة جدًّا microtubers الناتجة من مزارع الأنسجة (Leclerc وآخرون ١٩٩٥).

وقد أضحت دراسات Suttle (١٩٩٥) أن مستوى حامض الأبسيسك انخفض تدريجيًّا فى درنات البطاطس المخزنة بعد الحصاد، وأن هذا الانخفاض ازداد معدله عندما خزنت الدرنات فى حرارة ٢٠ °م، مقارنة بالتخزين فى حرارة ٣ °م، كما استمر

الانخفاض فى مستوى الحامض ما استمر التخزين، ولكن لم يمكن تحديد مستوى معين من الحامض يرتبط بانتهاء حالة السكون فى الدرنات. هذا .. وكان مرد الانخفاض فى مستوى حامض الأبسيسيك إلى أكسدته إلى كلٍ من حامض الفازيِّك phaseic acid، والداى هيدروكسى فازيّك dihydroxyphaseic acid.

وبالمقارنة .. وجد Cvikrova وآخرون (١٩٩٤) أن مستوى حامض الأبسيسيك ازداد تدريجيًّا فى البراعم، إلى أن وصل إلى أقصى حدٍ له فى منتصف فترة السكون العميق، ثم انخفض تدريجيًّا إلى حين انتهاء حالة السكون. كذلك ازداد إنتاج الإيثيلين تدريجيًّا فى الدرنات إلى أن وصل إلى أقصى معدلاته فى بدايات مرحلة السكون، ثم انخفض تدريجيًّا واستمر عند المستوى المنخفض حتى بداية التبرعم.

السيادة القمية

السيادة القمية Apical Dominance هى ظاهرة سيادة البرعم الطرفى للدرنة على باقى براعم الدرنة، وتثبيطه لنموها. وأقصى درجات السيادة القمية هى عندما لا ينمو سوى البرعم الوسطى بالعين الطرفية للدرنة. ومع ضعف السيادة القمية ينمو البرعم الوسطى بالعيون الأخرى بالدرنة، إلاّ أن تركيز التبرعم يكون فى العيون القريبة من قمة الدرنة. ومع استمرار ضعف السيادة القمية ينمو البرعم الأوسط فى جميع عيون الدرنة.. وعند اختفائها ينمو أكثر من برعم بكل عين.

وتؤدى إزالة العين الطرفية إلى نمو البرعم فى العيون الجانبية، كما أن إزالة النمو الناتج من البرعم الوسطى فى كل عين تؤدى إلى نمو باقى براعم العين. ويؤدى تقطيع الدرنة إلى أجزاء إلى نمو البراعم فى مختلف العيون.

ولا تختلف السيادة القمية فى الدرنة عن السيادة القمية المعروفة فى سيقان النباتات.

وتتناسب شدة السيادة القمية عكسيًّا مع طول فترة السكون؛ فإذا خزنت الدرنات فى ظروف تساعد على زيادة فترة السكون تصبح السيادة القمية ضعيفة؛ وبذا.. فإن كافة العوامل التى تؤدى إلى إطالة فترة السكون تعمل على إضعاف حالة السيادة القمية.

وتُعد أفضل وسيلة لتحقيق ذلك تخزين الدرنات على حرارة ٤ ْم لمدة شهرين بعد الحصاد؛ حيث يؤدى نقلها إلى حرارة أكثر ارتفاعًا بعد ذلك إلى إنباتها خلال شهر واحد، مع تكوينها لنحو ٣-٤ نموات/درنة (Susnoschi ١٩٨١).

ويؤدى رفع حرارة التخزين تدريجيًّا (من ٤ ْم مثلاً إلى ٢٠ ْم) إلى زيادة قليلة فى عدد النموات التى تنبت من الدرنة، ولكن رفع الحرارة إلى ٢٠ ْم بصورة فجائية — بما يصاحبه من صدمة حرارية — يؤدى إلى زيادة فى أعداد العيون النابتة. وعلى الرغم من ذلك فلا ينصح بهذا الإجراء عند الرغبة فى التخلص من السيادة القمية؛ ذلك لأن نقص الأكسجين فى مركز الدرنات الذى قد ينتج عن الارتفاع الفجائى فى معدل التنفس — قد يؤدى إلى إصابتها بالقلب الأسود.

ويمكن التخلص من السيادة القمية نهائيًّا بمعاملة الدرنات باليثوريا، أو بالكينينات؛ مثل الكينتين، والزياتين.

هذا.. وقد وجد أن انتهاء حالة السيادة القمية فى البطاطس تترافق بموت مبرمج لميرستيم البرعم القمى (Taper-Bamnolker وآخرون ٢٠١٢).

الفصل الثامن

صفات الجودة

على الرغم من أن خلو الدرنات من العيوب الفسيولوجية يُعد من صفات الجودة، إلاّ أننا نفرد للعيوب الفسيولوجية فصلاً خاصًّا بها (الفصل التاسع).

ويُعد محتوى الدرنات من العناصر الغذائية والمركبات ذات الأهمية الطبية من صفات الجودة الهامة، وقد فصلنا هذا الموضوع فى الفصل الأول.

هذا.. ويمكن الرجوع إلى Lisińska وآخرين (٢٠٠٨) بخصوص صفات جودة البطاطس لمختلف أغراض التصنيع، والعوامل المؤثرة فيها.

الصفات المظهرية

صفات الجودة المظهرية هى أكثر ما يجذب المستهلك للبطاطس؛ وأهمها: الشكل، والحجم، واللونان الخارجى والداخلى، وصفات جلد الدرنة، بالإضافة إلى التجانس فى الشكل، والخلو من العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية.

توجد خمسة أشكال رئيسية لدرنات البطاطس؛ هى: الكروية Round، والبيضية Oval، والبيضية المدببة Pointed Oval، والكلوية kidney، والمطاولة Elonmgated. وشكل الدرنة صفة وراثية تتحدد بالصنف، ولكنها تتأثر أيضًا بالعوامل البيئية وبالممارسات الزراعية.

يختلف الحجم المناسب لدرنات البطاطس من مكانٍ لآخر، ويتوقف على رغبة المستهلك. ويؤثر حجم الدرنة على مدى سهولة تداولها عند إعدادها للطهى، وعلى نسبة الجزء المفقود منها عند التقشير؛ فهو يزيد كلما كانت الدرنات أصغر حجمًا. ويفضل معظم المستهلكين الدرنات الكبيرة الحجم نسبيًّا. وتعلَّب الدرنات الصغيرة التى يتراوح قطرها بين ٢ و٤ سم دون تقطيع. وعلى الرغم من أن حجم الدرنة صفة وراثية تتحدد بالصنف، إلا أنها تتأثر كثيرًا بعدد الدرنات المتكونة على كل ساقٍ من سيقان

النبات؛ حيث يقل الحجم بزيادة العدد، كما يمكن التحكم فى الحجم من خلال كثافة الزراعة؛ فكلما زاد عدد النباتات فى وحدة المساحة صغر حجم الدرنات المتكونة.

يتوقف لون الدرنة الخارجى على وجود صبغات الأنثوسيانين فى العصير الخلوى لخلايا البيريدرم، أو الخلايا الخارجية لطبقة القشرة.

أما اللون الداخلى، فيكون غالبًا أبيض أو أصفر. وقد أمكن تَعْرف أكثر من ١٢ مادة كاروتينية فى درنة البطاطس، وهى على علاقة أكيدة باللون الداخلى. ويعتبر لون الدرنة — سواء أكان اللون الخارجى، أم الداخلى — صفةً وراثيةً تختلف من صنفٍ لآخر.

ويتحدد اللون الداخلى بمجموعتين من الصبغات؛ هما:

١- الصبغات الأنثوسيانينية: وهى المسئولة عن ألوان اللب الداخلى الأحمر، والأزرق، والقرمزى.

ولقد أمكن التعرف على الصبغات الأنثوسيانينية التالية فى الدرنات والنموات الهوائية لصنف البطاطس القرمزى Congo: الـ petanin، ومركب جديد للـ petunidin، والـ malvidin (Fossen & Andersen ٢٠٠٠).

٢- الصبغات الكاروتينية: ومن أهمها الزانثوفيلات Xanthophylls، وهى المسئولة عن لون اللب الداخلى الأصفر (عن Brown وآخرين ١٩٩٣).

يختلف سمك طبقة الجلد من صنفٍ لآخر؛ فبعض الأصناف تكون بطبيعتها ذات جلدٍ سميك، خاصة الأصناف الشبكية؛ مثل: نتد جم Netted Gem، لكن هذه الصفة تتأثر كثيرًا بالعمليات الزراعية، وبالعوامل البيئية؛ فيكون جلد الدرنة أقل سمكًا عند زيادة التسميد الآزوتى، أو زيادة عمق الزراعة، بينما يؤدى التسميد الفوسفاتى الجيد والرى المنتظم إلى زيادة سمك طبقة الجلد. أما حرارة التربة العالية، فإنها تؤدى إلى جعل جلد الدرنة خشنًا (Gray & Hughes ١٩٧٨).

الطعم

يتأثر الطعم المميز لدرنة البطاطس بكلٍّ من الحموضة، والملوحة، والحلاوة، والمرارة؛ وهى كما يلى فى البطاطس:

الحموضة

تعتبر البطاطس قريبة من التعادل؛ إذا يقدر الـ pH فى الدرنات الحديثة الحصاد بنحو ٦,٥.

الملوحة

تعتبر البطاطس قليلة الملوحة بطبيعتها، حيث تبلغ نسبة كلوريد الصوديوم فيها ٠,٠٦٣٪. ولتحسين الطعم فى البطاطس المجهزة للأكل نجد أن نسبة ملح الطعام ترفع إلى ٠,٦٪ فى البطاطس المطبوخة والمهروسة mashed potatoes، وإلى ٢,٥٪ فى الشبس.

الحلاوة

تعتبر البطاطس أيضًا قليلة الحلاوة بطبيعتها، إلا أنها قد تصبح حلوة المذاق فى ظروف خاصة تصل فيها نسبة السكر إلى ١٠٪ من الوزن الجاف؛ حسب الصنف، ودرجة النضج، ودرجة حرارة التخزين.

وترتفع نسبة السكر فى الدرنات فى الحالات التالية:

١- فى الأصناف ذات الكثافة النوعية المنخفضة عما فى الأصناف ذات الكثافة النوعية المرتفعة، كما فى الصنف كنيبك Kennebec (Okeyo & Kushad ١٩٩٥).

٢- عند حصاد الدرنات قبل تمام نضجها.

٣- عند تخزين الدرنات فى حرارة أقل من ١٠ °م، ويزداد تراكم السكريات مع انخفاض درجة حرارة التخزين حتى درجة التجمد، ويمكن أن يصل تركيزها إلى ١٠٪ من الوزن الجاف للدرنة. وتكون معظم الزيادة فى السكريات المختزلة.

المرارة

ليست البطاطس مرة الطعم بطبيعتها، لكن تعريضها للضوء يؤدى إلى تكون مادة السولانين Solanine التى تكسبها طعمًا مرًا.

النكهة

تُعد النكهة aroma أحد أهم العوامل التى تحدد المذاق flavour، والتى منها — كذلك— الطعم ، والقوام . ويتحكم فى نكهة البطاطس أساسًا خليط من المركبات المتطايرة، وقد أمكن التعرف على ٣٥ مركبًا منها فى البطاطس المطهية (Dale & Mackay ١٩٩٤).

تتحدد النكهة المميزة للبطاطس بواسطة المركبات القابلة للتطاير التى توجد فيها. وقد أمكن التعرف على أكثر من ٤٤ مركبًا من هذه المركبات المتطايرة فى البطاطس الطازجة والمقلية؛ منها الأحماض العضوية المشبعة وغير المشبعة، والألدهيات، والكيتونات، والميركابتانات Mercaptans وغيرهم.

ومن المركبات التى وجد أن لها دورًا واضحًا فى إعطاء البطاطس نكهتها المميزة مركب مثيونال Methional فى البطاطس الطازجة، والمركبات ٢، ٤ ديكادينال 2,4-decadienal، و ٢، ٥ — داى ميثايل بيرازين 2,5-dimethylpyrazine فى البطاطس المقلية (Burr ١٩٦٦).

محتوى المادة الجافة

يُعد النشا هو المكون الرئيسى للمادة الجافة فى درنات البطاطس؛ حيث يشكل حوالى ٧٠٪ منها، وهو يقدر — عادة — من تقدير الكثافة النوعية لعينة من الدرنات، إما بصورة مباشرة باستعمال جهاز الـ potato hydrometer، أو بصورة غير مباشرة بحساب الفرق بين وزن عينة من الدرنات فى الهواء ووزنها وهى مغمورة فى الماء.

وتتباين الأصناف كثيرًا فى محتواها من المادة الجافة، كما أن ذلك المحتوى يتأثر كثيرًا بالعوامل البيئية أثناء إنتاج المحصول وأثناء تخزين الدرنات (Dale & Mackay ١٩٩٤).

محتوى الدرنات من السكريات

بينما يُعد النشا هو المحتوى الكربوهيدراتى الرئيسى فى درنات البطاطس، فإنها تحتوى – كذلك – على كميات صغيرة – وإن كانت متباينة – من السكريات، وهى أساسًا: السكروز والجلوكوز والفراكتوز، وهى ذات الأهمية البالغة عند تصنيع منتجات البطاطس، وبخاصة الجلوكوز والفراكتوز.

العوامل المؤثرة فى نسبة السكر بالدرنات

كقاعدة عامة.. فإن جميع العوامل البيئية والزراعية التى تزيد من الكثافة النوعية تقلل من السكريات، والعكس صحيح.

وتتأثر نسبة السكر بالدرنات بالعوامل التالية:

١– اكتمال تكوين الدرنات

تحتوى درنات البطاطس – عادة – على مستوى عالٍ من السكر خلال المراحل المبكرة من تكوينها لأن معدل انتقال السكر إليها من الأوراق يزيد – حينئذٍ – عن معدل تحويله إلى نشا. ومع اكتمال تكوين الدرنات ينخفض محتوى السكر، حتى يصل إلى أدنى مستوى له مع اقتراب النمو الخضرى من الشيخوخة التامة.

٢– درجة الحرارة

لدرجة الحرارة فى كل من الحقل والمخازن تأثير كبير على محتوى السكر بالدرنات. تؤدى حرارة التربة العالية إلى تكوين ما يعرف بالنهايات السكرية sugar ends أو غيرها من العيوب ذات الصلة بالسكر. هذا.. بينما تؤدى الحرارة المنخفضة إلى حث تحول النشا إلى سكريات. ويتم اختيار الحرارة المناسبة للتخزين حسب الاستعمال المزمع للبطاطس المخزنة؛ فالبطاطس التى تستعمل فى صناعة الشبس تخزن على ١٠–١٣ °م، وتلك التى تخزن لأجل التحمير تخزن على ٨–١٠ °م، أما تلك التى تخزن لأجل الاستعمال الطازج فإنها تخزن على ٦–٧ °م، ولأجل الاستعمال كتقاوى على ٢–٤ °م.

٣- الصنف

من المهم اختيار الصنف المناسب للزراعة حسب الاستخدام المزمع.. وعمومًا فإن البطاطس التى تستعمل فى صناعة الشبس تكون الأقل فى محتوى السكر؛ بينما يكون محتوى السكر متوسط فى الأصناف التى تُستخدم فى صناعة البطاطس المحمرة (المقلية)، وتكون البطاطس التى تُزرع لأجل التسويق الأعلى فى محتوى السكر.

٤- ظروف الشدِّ فى المخازن

إضافة إلى شد البرودة، فإن ظروفًا أُخرى بالمخزن يمكن أن تُحدث زيادة فى سكريات الدرنات، ومن أهم تلك العوامل عدم كفاية التهوية بسبب عدم كفاءة نظام التهوية، أو كثرة الأتربة؛ حيث يختل فسيولوجى الدرنات، وتزيد معه مستويات السكر. ومن العوامل الأخرى التبرعم بسبب وجود أماكن دافئة hot spots يوجد فيها أعفان (Stark ٢٠١٧).

أهمية محتوى السكر بالدرنات وطرق التحكم فيه

إن السبب الرئيسى فى أهمية السكريات السداسية المختَزِلة أنها تمر بتفاعل Maillard لدى تعرضها لحرارة عالية أثناء التحمير. يحدث هذا التفاعل بين السكريات ومجموعات الألفاأمينو ∝-amino بالمركبات النيتروجينية التى توجد — كذلك — بالدرنات. ويؤدى التفاعل إلى تكوين مركب داكن اللون ومر الطعم. ويُعد محتوى ٠,١٪ من السكريات بالدرنات — على أساس الوزن الطازج — مثاليًا لتصنيع الشبس، بينما يُعد تركيز ٠,٣٣٪ غير مقبول.

ويتباين محتوى الدرنات من السكريات — كثيرًا — من موسم لآخر، ومن منطقة إنتاج لغيرها، ومن صنف لآخر.

ويمكن التغلب على مشاكل المحتوى العالى من السكر — أو الحد منها — بتخزين البطاطس على ٨-١٠ ْم، إلاّ أن التخزين على تلك الدرجة العالية لا يسمح بالتخزين لفترة طويلة ويتطلب استعمال مثبطات التبرعم. هذا بينما يتراكم السكر بالدرنات عندما

تُخرن على ٤ ْم، وهو ما يعرف باسم الحلاوة المستحثة بالبرودة cold-induced sweeting (Dale & Mackay ١٩٩٤).

ويُبين جدول (٨–١) الحدود القصوى لمستويات السكروز والجلوكوز فى الدرنات عند الحصاد وأثناء التخزين لمحصول صناعة الشبس وصناعة البطاطس المحمرة.

جدول (٨–١): الحد الأقصى لمستويات السكروز والجلوكوز فى الدرنات عند الحصاد وأثناء التخزين لمحصول صناعة الشبس وصناعة البطاطس المحمرة (Stark وآخرون ٢٠١٧).

الهدف	محتوى السكروز (مجم/جم وزن طازج)	محتوى الجلوكوز (مجم/جم وزن طازج)
وقت الحصاد		
صناعة الشبس	١,٥ (أو ٠,١٥٪)	٠,٣٥ (أو ٠,٠٣٥٪)
صناعة البطاطس المحمرة	١,٥ (أو ٠,١٥٪)	١,٢٠ (أو ٠,١٢٠٪)
أثناء التخزين		
صناعة الشبس	١,٠ (أو (٠,١٠٪)	٠,٣٥ (أو ٠,٠٣٥٪)
صناعة البطاطس المحمرة	١,٥ (أو (٠,١٥٪)	١,٢٠ (أو ٠,١٢٠٪)

وإذا زادت محتويات السكروز والجلوكوز عن تلك الحدود فإنه تظهر — عادة — مشاكل التلون الداكن.

ويتعين مراقبة محتوى السكر أسبوعيًّا خلال الشهر الأخير من موسم النمو. وقبل الحصاد — أثناء شيخوخة النمو الخضرى — يجب أن ينخفض مستوى السكر عن الحدود المبينة فى الجدول، وخاصة مستوى السكروز.

وإذا ما كان مستوى السكر بالدرنات يزيد عند الحصاد عن المستويات المبينة فى الجدول، فإنها تُعامل بمعاملة التهيئة preconditioning لخفض محتوى السكر.

وعمومًا.. فإن سيناريوهات الفترة الأولى من التخزين — إذا ما زادت مستويات السكروز والجلوكوز عما هو مبين فى الجدول — تكون، كما يلى:

١- السيناريو الأول:

عندما يكون مستوى السكر مقبولاً (< ١,٥) لكن مستوى الجلوكوز عالٍ جدًّا (للشبس > ٠,٣٥، وللبطاطس المحمرة > ١,٢)، فإن لون المنتج المصنع فورًا منها قد يكون داكنًا جدًّا، لكن توجد إمكانية للتخزين الطويل الجيد باتباع ما يلى:

فى بداية التخزين وخلال مرحلة المعالجة (لإلتئام الجروح) يُبقى المخزن على حرارة ١٦ْم لمدة أسبوعين أو إلى أن ينخفض محتوى الجلوكوز إلى مستوى مقبول. ويمكن بعد ذلك خفض الحرارة تدريجيًّا إلى أن تصل إلى ١٠-١١ْم بالنسبة لبطاطس الشبس أو إلى ٧-٩ْم بالنسبة للبطاطس المحمرة. ويتعين تقدير مستوى الجلوكوز بعد ذلك على فترات للتأكد من بقائه فى المدى المقبول.

٢- السيناريو الثانى:

عندما يكون مستوى السكروز عالٍ جدًّا (< ١,٥)، لكن مستوى الجلوكوز مقبولاً (للشبس < ٠,٣٥ وللبطاطس المحمرة < ٠,١٢)، فإن لون المنتجات المصنَّعة فورًا قد يكون مقبولاً، إلاّ إنه قد يصبح داكنًا مع التخزين لتحول السكروز إلى جلوكوز. وفى هذه الحالة يراعى مايلى:

يُحافظ على فترة معالجة كما فى السيناريو الأول، مع تقدير محتوى السكر بالدرنات فى نهاية تلك الفترة، فإذا ما كان مستوى السكر لا يزال عاليًا يجب رفع الحرارة عن حرارة التخزين العادية، فتكون ١٣ْم للشبس، و١٠ْم للمحمرة.

٣- السيناريو الثالث:

عندما تكون مستويات السكروز والجلوكوز عالية عن المستويات المقبولة فإن لون المنتجات المصنعة فورًا، وكذلك تلك التى تُصنَّع بعد التخزين قد لا يكون مقبولاً. وفى هذه الحالة تطبق توصيات السيناريو الثانى، مع إطالة فترة المعالجة على ١٦ْم حتى انخفاض محتوى السكروز والجلوكوز إلى المستوى المقبول، ومع تقدير السكريات كل خمسة أيام. ويحسن توجيه تلك البطاطس للأسواق بأسرع ما يمكن.

وجدير بالذكر أن ظروف التخزين غير المناسبة قد تتسبب فى رفع نسبة السكريات إلى مستويات غير مقبولة فى درنات كانت مقبولة من حيث مستوى السكريات قبل التخزين. يحدث ذلك إذا كانت حرارة التخزين أقل من المناسبة حتى ولو بدرجات قليلة. وإذا حدث ذلك فإن العلاج يكون بتعريض الدرنات لنحو ٢-٤ أسابيع لحرارة ١٣-١٦ °م، ثم إعادتها للحرارة المناسبة.

وتجدر الإشارة إلى أن شيخوخة الدرنات المخزنة لفترات طويلة جدًّا يزداد معها محتوى السكر، ولا تستجيب لمعاملة التهيئة، بل إن التهيئة قد تُفاقِم مشكلة زيادة السكر لإسراعها من شيخوخة الدرنات بسبب الحرارة العالية (Stark وآخرون ٢٠١٧).

الكثافة النوعية

أهمية الكثافة النوعية

تتحكم الكثافة النوعية فى جودة منتجات البطاطس. وقد تكون الكثافة النوعية العالية صفة مرغوبة أو غير مرغوبة، ويتوقف ذلك على طريقة تجهيز المنتجات؛ فعند ارتفاع الكثافة النوعية تكون البطاطس نشوية أو دقيقية mealy، وتلك صفة مرغوبة فى حالتى البطاطس المعدة فى الفرن baked، والمهروسة mashed؛ لأنها تُحسن الطعم، كما أن الكثافة النوعية العالية أمر مرغوب فيه عند صناعة الشبس؛ لأنها تؤدى إلى زيادة المنتج النهائى من وحدة الوزن من الدرنات الطازجة.

وعلى الجانب الآخر.. فالنشوية الزائدة صفة غير مرغوب فيها فى البطاطس المقلية، كما تؤدى زيادة الكثافة النوعية إلى تفتت البطاطس عند الغلى فى الماء؛ مما يجعلها صفة غير مرغوبة عند الطهى والتعليب، وفى السلطات؛ ففى جميع هذه الحالات تفضل الدرنات ذات الكثافة النوعية المنخفضة نسبيًّا أو المتوسطة الارتفاع (Kunkel ١٩٦٦)، ولكن انخفاضها كثيرًا يؤدى إلى زيادة استهلاك الزيت فى البطاطس المقلية.

وللكثافة النوعية العالية أهمية كبيرة فى صناعة الشبس؛ فكل زيادة مقدارها ٠,٠٠٥ فى الكثافة اللنوعية تعنى زيادة مقدارها ١٠ كجم من الشبس المصنعة من كل

طن من الدرنات المقشرة، كما تؤدى زيادة الكثافة النوعية إلى خفض استهلاك الزيت المستعمل فى تحضير الشبس؛ ولذلك فائدتان؛ هما: التوفير فى النفقات، وزيادة صلاحية الشبس للتخزين؛ نظرًا لانخفاض محتواها من الزيت (MacLean وآخرون ١٩٦٦، و Smith ١٩٦٨).

ويفضل دائمًا فصل الدرنات إلى درجات حَسَب كثافتها النوعية لاستعمالها فى الأغراض المختلفة. ويؤدى ذلك إلى تجانس قوام المنتجات المُصنّعة، وزيادة التحكم فى نوعيتها. ويمكن أن يستدل من الكثافة النوعية على كمية المنتج من البطاطس المجففة dehydrated potatoes، والمقلية، والشبس.

وإذا ما اعتبرنا أن نسبة المادة الجافة هى دليل على الكثافة النوعية — لارتباطهما إيجابيًّا بشدة — فإنه يمكن القول إن زيادة المادة الجافة من ١٩٪ إلى ٢٢٪ – على سبيل المثال — تؤدى إلى زيادة كمية البطاطس المقلية من وحدة الوزن من الدرنات بنسبة ٥٪، وزيادة كمية الشبس بنسبة ١٠٪، مع خفض كمية الزيت التى تستهلك فى تصنيعها بنسبة ٣٨٪ فى حالة البطاطس المقلية، و٧٪ فى حالة الشبس. وفضلاً عن أن خفض محتوى البطاطس المقلية والشبس من الدهون يعد أمرًا مرغوبًا فيه من الناحية الغذائية، فإن البطاطس المقلية التى تجهز من درنات ذات محتوى منخفض كثيرًا من المادة الجافة تكون طرية وشمعية المظهر. وبصورة عامة.. يفضل ألاّ تقل نسبة المادة الجافة عن ٢٠٪ لصناعة البطاطس المقلية، وأن تصل إلى ٢٤٪ لصناعة الشبس.

وعمومًا.. فإن نقص النشا — أى زيادة الرطوبة — فى الدرنات تؤدى إلى جعلها أقل صلاحية لكل من عمل الشبس والبطاطس المقلية؛ ذلك لأن الرطوبة تتبخر من الدرنات أثناء القلى ويحل محلها الزيت (وهو العنصر الأكثر تكلفة فى تلك الصناعة)؛ مما يجعلها تبدو شديدة الطراوة وزيتية.

كذلك تؤدى زيادة نسبة السكريات (وخاصة المختزلة منها: الجلوكوز والفراكتوز) فى الدرنات عن ٣٪ إلى تلون الشبس والبطاطس المقلية المصنعة منها.

الصفات المرتبطة بالكثافة النوعية

ترتبط الكثافة النوعية — أساسًا — بكلٍّ من نسبتى النشا والمادة الجافة فى الدرنات. وعلى الرغم من ارتباط درجة نشوية الدرنات بكثافتها النوعية، إلاّ أن هذه الصفة تتأثر ببعض العوامل الأخرى، فقد وجد Nylund (١٩٦٦) اختلافات بين ثلاثة أصناف من البطاطس فى درجة نشويتها، على الرغم من تماثلها فى الكثافة النوعية. وقد وُجد أن صفة النشوية ترتبط إيجابيًّا بكلٍ من: نسبة النشا، والمادة الجافة، والأميلوز، وبدرجة لزوجة أنسجة الدرنة بعد تسخينها، كما ترتبط سلبيًّا بكل من نسبتى السكريات الكلية، والسكريات المتعددة، إلا أن الكثافة النوعية ترتبط ارتباطًا وثيقًا بنسبة النشا فى الدرنات. ونظرًا لأن النشا هو المكون الرئيسى للمادة الجافة، فإن المادة الجافة ترتبط هى الأخرى بالكثافة النوعية. وتزداد الكثافة النوعية للدرنات بزيادة نسبة النشا، أو المادة الجافة فيها.

ويتشابه توزيع النشا مع توزيع المادة الجافة فى الدرنات؛ فتزيد نسبة كلٍّ منهما من الجلد حتى منطقة الحزم الوعائية، ومن مركز الدرنة حتى الحزم الوعائية؛ ويعنى ذلك أن نسبتى النشا والمادة الجافة تكونا أعلى ما يمكن فى الخلايا البرانشيمية المحيطة باللحاء، كذلك تزداد نسبة النشا والمادة الجافة تكونا تدريجيًّا بالاتجاه من الطرف القمى نحو الطرف القاعدى للدرنة.

العوامل المؤثرة فى الكثافة النوعية

تتأثر الكثافة النوعية لدرنات البطاطس بالعوامل البيئية والزراعية، كمايلى:

الصنف

تتفاوت الأصناف كثيرًا فى كثافتها النوعية؛ نظرًا لاختلافها فى محتوى درناتها من النشا والمادة الجافة. وفى دراسة على ٩ أصناف من البطاطس الأمريكية وجد أن الكثافة النوعية تراوحت بين ١,٠٧٤ فى الصنف سيباجو و ١,٠٩٢ فى الصنف ديلس

Delus. وفى دراسة أخرى أجريت على ١١ صنفًا تراوحت الكثافة النوعية بين ١,٠٦٧ فى الصنف كادتادن Katahdin و ١,٠٩٠ فى الصنف ديلس.

ويُعد اختيار الصنف المناسب للزراعة أهم العوامل فيما يتعلق بتوافق جودة الدرنات باستعمالها المتوقع.

منطقة الإنتاج والظروف المناخية

تؤثر الظروف المناخية السائدة على نسبة المادة الجافة فى الدرنات؛ ومن ثم فهى تؤثر على كثافتها النوعية. ففى إحدى الدراسات تراوحت نسبة المادة الجافة فى مناطق الإنتاج المختلفة بين ١٦,٢٨٪ و ٢٠,٤٤٪ فى الصنف شباوا Chippewa، وبين ٢١,٤٤٪ و ٢٥,٢٢٪ فى الصنف جرين ماونتين Green Mountain. وعمومًا.. فإن الظروف المناخية التى تؤدى إلى زيادة النمو الخضرى تعمل كذلك على إنقاص نسبة المادة الجافة فى الدرنات.

ويُعد النهار الدافئ (٢٧–٣٢ ْم) والليالى الباردة نسبيًّا (١٠–١٦ ْم) ظروفًا مثلى لإنتاج بطاطس عالية فى كثافتها النوعية. وتؤثر حرارة التربة العالية مباشرة فى فسيولوجى الدرنات؛ حيث إنها تثبط تراكم النشا فيها. كذلك فإن الظروف المحفزة لزيادة النتح — مثل انخفاض الرطوبة النسبية، وارتفاع شدة الإشعاع الشمسى، وزيادة سرعة الرياح — تقلل من عملية البناء الضوئى. ويمكن أن يخفض تواجد الغيوم لفترات طويلة من شدة الإضاءة إلى مستويات تقل عما يلزم لأعلى إنتاج من المادة الجافة. ويمكن أن يؤثر أى إضرار بالنمو الخضرى أو تقصير لموسم النمو فى الكثافة النوعية للدرنات.

قوام التربة

تزداد الكثافة النوعية للدرنات المنتجة فى الأراضى المتوسطة القوام، مثل الأراضى الطميية الرملية، والطميية السليتة، عما فى الأراضى الرملية أو الطينية الثقيلة؛ ذلك أن الأراضى الطميية تتميز بالقدرة الجيدة على الاحتفاظ بالرطوبة والعناصر المغذية بما يسمح بمعدل النمو الجيد وإنتاج المادة الجافة بالدرنات.

الحراثة والزراعة والعزيق

تؤدى المعاملات التى تزيد من انضغاط التربة وتكوين طبقة صلبة تحت التربة hard pan إلى زيادة شدِّ الرطوبة، وتحد من النمو الجذرى ونمو الدرنات، وتقلل من تراكم المادة الجافة بالدرنات. كذلك فإن عمليات العزيق المتأخرة التى تزيد من تقطيع الجذور يمكن تزيد من الشدِّ الرطوبى وتقلل من جودة الدرنات.

طول فترة نمو الدرنات وطول موسم النمو

نظرًا لارتباط الكثافة النوعية باكتمال تكوين الدرنات، فإن الدرنات التى يُتاح لها فترة أطول لتراكم المواد الكربوهيدراتية تكون أعلى فى كثافتها النوعية عن تلك التى تكون فترة نموها أقصر. ولذا.. فإن الزراعة المبكرة يمكن أن يزيد معها عدد الأيام التى تُسهم فى تراكم النشا بالدرنات.

كما تؤدى الإصابة بأمراض مثل ذبول فيرتسيليم والندوة المبكرة والندوة المتأخرة إلى موت النمو الخضرى وتقصير فترة نمو الدرنات؛ بما يؤدى إلى خفض كثافتها النوعية.

وعمومًا.. فإن الكثافة النوعية للدرنات تزداد بزيادة فترة نمو النباتات، ويرتبط لك بكلٍ مما يلى:

١- موعد الحصاد: تقل الكثافة النوعية فى حالة الحصاد المبكر، كما هى الحال فى البطاطس البنية.

٢- طريقة التخلص من النموات الخضرية قبل الحصاد: تقل الكثافة النوعية عند اتباع وسائل القتل السريع للنموات الخضرية، سواء أكان ذلك بالطرق الكيميائية، أم الميكانيكية.

٣- مدى خلو النموات الخضرية من الإصابات المرضية والحشرية؛ حيث يؤدى خلوها من الإصابات إلى بقائها بحالة جيدة لأطول فترة ممكنة؛ فتزيد بذلك الكثافة النوعية.

الرطوبة الأرضية

تؤدى الرطوبة الأرضية العالية — وكذلك المنخفضة — أثناء نمو الدرنات إلى خفض كثافتها النوعية، وخاصة عند اقتران ذلك بالحرارة العالية. ولتحفيز زيادة الكثافة النوعية تجب المحافظة على الرطوبة الأرضية دائمًا أعلى عن ٦٥٪، وذلك خلال فترة نمو الدرنات إلى ما قبل قتل النمو الخضرى مباشرة.

وبينما كان لنقص الرطوبة الأرضية (‎-80 kPa‎) فى بداية ومنتصف موسم النمو تأثيرًا سلبيًّا كبيرًا على محصول الدرنات — واختلفت الأصناف فى مدى تأثرها بهذا الشد الرطوبى — فإن نقص الرطوبة الأرضية فى منتصف موسم النمو أثر سلبيًّا — كذلك — على الكثافة النوعية للدرنات (Lynch وآخرون ١٩٩٥).

ملوحة التربة ومياه الرى

تؤدى زيادة الملوحة كثيرًا إلى موت النباتات مبكرًا؛ ومن ثم انخفاض الكثافة النوعية للدرنات، ولكن ارتفاع الملوحة بدرجة متوسطة يؤدى إلى الحد من النمو الخضرى للنبات؛ مما يؤدى إلى زيادة تراكم المادة الجافة فى الدرنات، وزيادة كثافتها النوعية تبعًا لذلك.

العناصر السمادية

تؤثر العناصر الكبرى — النيتروجين والبوتاسيوم والفوسفور — فى الكثافة النوعية، كما يلى:

١– يجب توفير النيتروجين بالقدر الذى يسمح بإنتاج أعلى محصول من الدرنات عالية الجودة دون تأثير على كثافتها النوعية، علمًا بأن الإفراط فى التسميد الآزوتى يحفز النمو الخضرى والجذرى ويؤخر من كبر الدرنات فى الحجم ونضجها.

٢- البوتاسيوم

يزداد تمثيل النشا والكثافة النوعية للدرنات بزيادة تركيز البوتاسيوم فيها حتى ١٫٨٪، إلا إن زيادة تركيز البوتاسيوم عن ذلك — خاصة فى مراحل النمو المتأخرة — يخفض من كثافتها النوعية نظرًا لامتصاصها — آنذاك — لمزيد من الماء لمعادلة الزيادة فى تركيز الملح فيها.

٣- الفوسفور

يعمل الفوسفور على زيادة تمثيل النشا، إلاّ إنه — وعلى عكس النيتروجين — يُسرع الوصول لمرحلة النضج. وتقل الكثافة النوعية فى درنات النباتات التى تُعانى من نقص الفوسفور. ولنسبة الفوسفور إلى النيتروجين أهميتها نظرًا لأن توفر الفوسفور يمكن أن يُسهم فى معادلة التأثير السلبى لزيادة النيتروجين على الكثافة النوعية.

ويمكن القول أن الإفراط فى التسميد الآزوتى أو البوتاسى يؤدى إلى نقص الكثافة النوعية للدرنات. ويتفوق تأثير البوتاسيوم على تأثير الآزوت فى هذا الشأن، كما يزداد النقص فى الكثافة النوعية عند التسميد بكلوريد البوتاسيوم، عما فى حالة التسميد بكبريتات البوتاسيوم (White وآخرون ١٩٧٤).

وقد وجد Westermann وآخرون (١٩٩٤) أن كلاًّ من النيتروجين والبوتاسيوم أنقصا تركيز المادة الجافة والنشا فى كل أجزاء الدرنة. وبينما أحدث التسميد النيتروجينى زيادة فى نسبة السكريات المختزلة فى طرف الدرنة البعيد (القمى)، ونقصًا فى نسبة السكريات المختزلة فى طرف الدرنة المتصل بالنبات (القاعدى)، فإن التسميد البوتاسى أحدث نقصًا فى نسبة السكريات المختزلة فى طرفى الدرنة. وقد توقف تأثير التسميد البوتاسى فى الكثافة النوعية على تركيز البوتاسيوم فى الدرنات؛ الأمر الى لم يتأثر بمصدر السماد البوتاسى، أكان كلوريد بوتاسيوم، أم كبريتات بوتاسيوم.

وحصل Maier وآخرون (١٩٩٤) على علاقة جوهرية غير خطية (منحنى الأضلاع) Curvilinear بين الكثافة النوعية، وتركيز كل من النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم فى الطرف القاعدى للدرنة، وكان معامل الارتباط ٠,٢٧، و٠,٦٢، و٠,٧٦ للعناصر الثلاثة، على التوالى.

وليس للكالسيوم أو المغنيسيوم تأثير يذكر على الكثافة النوعية. أما العناصر الدقيقة، فإنها تحدث زيادة طفيفة فى الكثافة النوعية فى بعض مناطق الإنتاج.

قتل النمو الخضرى والحصاد

يمكن أن يؤدى بقاء الدرنات فى التربة بعد قتل النمو الخضرى إلى فقدها لجزءٍ من محتواها من المادة الجافة، نظرًا لتحول النشا إلى سكر لاستخدامه فى التنفس. يحدث ذلك — خاصة — عندما تكون حرارة التربة عالية. ويؤدى قتل النمو القمى وهو أخضر وما زالت الجذور نشطة إلى انتقال كميات جوهرية من الماء من الجذور إلى الدرنات؛ مما يقلل من كثافتها النوعية (Stark وآخرون ٢٠١٧).

طرق تقدير الكثافة النوعية

يجب أن تكون العينة المستخدمة فى تقدير الكثافة النوعية ممثلة تمامًا للمحصول الذى تراد دراسته؛ ويتحقق ذلك بأخذ درنتين من كل ٥٠ جوالاً، أو ٤ درنات من كل ١٠٠ جوال عند تفريغ محصول البطاطس، على أن يتم ذلك بطريقة عشوائية. وقد يمكن سحب العينة بأخذ درنات مفردة بطريقة عشوائية على فترات منتظمة عند مرور الدرنات على آلة التدريج، على أن يتم التوقيت؛ بحيث تؤخذ درنة واحدة على الأقل من كل ١٠٠ كجم من البطاطس. ويجب ألا يقل وزن العينة عن ٢٥ كجم.

تغسل العينة جيدًا، وتترك حتى تجف، ثم توزن الكمية المرغوبة بدقة حسب الطريقة المتبعة فى تقدير الكثافة النوعية. ويلى ذلك تقطيع جميع الدرنات التى يحتمل إصابتها بالقلب الأجوف؛ حتى لا تؤثر الفجوات الهوائية التى بداخلها على تقدير الكثافة النوعية.

وتقدر الكثافة النوعية بالطرق التالية:

١- توزن كمية معينة من الدرنات فى الهواء، ثم توزن وهى مغمورة فى الماء، ثم تحسب الكثافة النوعية بالمعادلة التالية:

الكثافة النوعية = الوزن فى الهواء ÷ (الوزن فى الهواء — الوزن فى الماء)

وإذا قدر الوزن فى الماء لعينة وزنها فى الهواء ٥٠ رطلاً (أى ٢٢,٦٨٠ كجم)، فإنه يمكن حساب كثافتها النوعية من جدول (٨-٢). ويستخدم فى تقدير الوزن ميزان حساسيته ٢٥ جم، أو أكثر حساسية من ذلك. ويراعى عند تقدير الوزن ألا تتلامس السلة التى توضع فيها الدرنات مع جدار الإناء المحتوى على الماء، وأن تغمر السلة والدرنات تمامًا فى الماء، وأن تكون درجة حرارة الماء ٢٠ْم، كما أنه من الضرورى وزن السلة فى الماء وفى الهواء وهى فارغة. ولتقدير الكثافة النوعية عندما يكون الوزن فى الماء مختلفًا عن الأوزان المبينة فى جدول (٨-٢)، فإنه يلزم عمل رسم بيانى يوضح العلاقة بين الكثافة النوعية والوزن فى الماء (Ross وآخرون ١٩٥٩).

٢- باستخدام هيدروميتر البطاطس Potato hydrometer:

صمم هذا الجهاز Smith عام ١٩٥٠، وهو مُعايَر لكى يعطى قراءة الكثافة النوعية لعينة من الدرنات، وزنها فى الهواء ٨ أرطال (٣,٦٣٢ كجم). وتقدر الكثافة النوعية بقراءتها على تدريج الجهاز مباشرة بعد وضع العينة فى سلة خاصة بالجهاز، وتركها لتتدلى تمامًا فى وعاء به ماء (Talburt & Smith ١٩٥٩).

٣- بالاستدلال على الكثافة النوعية للدرنات من الكثافة النوعية للمحلول الملحى الذى تظل فيه الدرنات معلقة، دون أن تطفو أو تسقط فى القاع، وهو المحلول الذى تتساوى كثافته النوعية مع الكثافة النوعية للدرنات. ويُبين جدول (٨-٣) الكثافة النوعية لمحاليل ملحية تختلف فى تركيز ملح الطعام بها.

جدول (٨-٢): الكثافة النوعية المحسوبة لدرنات البطاطس التى يبلغ وزنها فى الهواء ٥٠ رطلاً (٢٢,٦٨٠ كجم) عند اختلاف وزنها فى الماء.

وزن العينة فى الماء (كجم)	الكثافة النوعية	المواد الصلبة الكلية (٪)
١,٠٠٠	١,٠٤٦١	١٣,٥
١,٠٥٠	١,٠٤٨٥	١٤,٠
١,١٠٠	١,٠٥١٠	١٤,٥
١,١٥٠	١,٠٥٣٤	١٥,٠
١,٢٠٠	١,٠٥٥٩	١٥,٥
١,٢٥٠	١,٠٥٨٣	١٦,٠
١,٣٠٠	١,٠٦٠٨	١٦,٦
١,٣٥٠	١,٠٦٣٢	١٧,١
١,٤٠٠	١,٠٦٥٨	١٧,٧
١,٤٥٠	١,٠٦٨٣	١٨,٢
١,٥٠٠	١,٠٧٠٨	١٨,٧
١,٥٥٠	١,٠٧٣٤	١٩,٣
١,٦٠٠	١,٠٧٥٩	١٩,٩
١,٦٥٠	١,٠٧٨٥	٢٠,٤
١,٧٠٠	١,٠٨١٠	٢١,٠
١,٧٥٠	١,٠٨٣٦	٢١,٥
١,٨٠٠	١,٠٨٦١	٢٢,٠
١,٨٥٠	١,٠٨٨٨	٢٢,٦
١,٩٠٠	١,٠٩١٤	٢٣,٢
١,٩٥٠	١,٠٩٤١	٢٣,٨
٢,٠٠٠	١,٠٩٦٧	٢٤,٤
٢,٠٥٠	١,٠٩٩٤	٢٥,٠
٢,١٠٠	١,١٠٢٠	٢٥,٦

جدول (٨-٣): الكثافة النوعية لمحاليل ملحية مختلفة المحتوى من ملح الطعام.

تركيز ملح الطعام (٪ بالوزن)	تركيز ملح الطعام (جم/ لتر من الماء)	الكثافة النوعية للمحلول
٨	٨٤,٥	١,٠٥٥٩
٩	٩٥,٧	١,٠٦٣٣
١٠	١٠٧,١	١,٠٧٠٧
١١	١١٨,٦	١,٠٧٨٢
١٢	١٣٠,٣	١,٠٨٥٧
١٣	١٤٢,١	١,٠٩٣٣
١٤	١٥٤,١	١,١٠٠٩
١٥	١٦٦,٣	١,١٠٨٥
١٦	١٦٨,٦	١,١١٦٢
١٧	١٩١,١	١,١٢٤٠
١٨	٢٠٣,٧	١,١٣١٩
١٩	٢١٦,٦	١,١٣٩٨
٢٠	٢٢٩,٦	١,١٤٧٨

٤- بالحساب عند معرفة نسبة النشا، أو نسبة المادة الجافة فى الدرنات:

ففى دراسة أجريت على ٥٦٠ عينة من البطاطس من أصناف مختلفة وجدت ارتباطات قوية بين نسبة النشا، ونسبة المادة الجافة، والكثافة النوعية للدرنات. وقد كان معامل الارتباط ٠,٩٥٦ بين نسبة المادة الجافة ونسبة النشا، و٠,٩٣٧ بين الكثافة النوعية ونسبة المادة الجافة، و٠,٩٤٧ بين الكثافة النوعية ونسبة النشا. ولم تتأثر هذه القيم بالعوامل الجوية أو بالأصناف، وإن كان للأصناف تأثير طفيف.

وقد أمكن الاستفادة من هذه الارتباطات فى إيجاد معادلات يمكن استخدامها فى التنبؤ بالكثافة النوعية، أو نسبة النشا، أو نسبة المادة الجافة عندما تكون المتغيرات الأخرى معروفة كما يلى:

نسبة النشا = ١٧,٥٥ + ٠,٨٩١ ؛ (نسبة المادة الجافة — ٢٤,١٨).

نسبة المادة الجافة = ٢٤,١٨٢ + ٢١١,٠٤ × (الكثافة النوعية — ١,٠٩٨٨).

نسبة النشا = ١٧,٥٤٦ + ١٩٩,٠٧ × (الكثافة النوعية — ١,٠٩٨٨).

هذا.. وقد اختلفت الثوابت التى استخدمت فى هذه المعادلات فى الحدود التالية:

(٢٤,١٨٢ ± ٠,٠٣٥، و ٢١١,٠٤ ± ٣,٣٣، و ١٧,٥٤٦ ± ٠,٠٣، و ١٩٩,٠٧ ± ٢,٨٨) (Burton ١٩٤٨).

وقد شكَّلت تقديرات الكثافة النوعية لدرنات البطاطس ٩٦٪ من التباينات فى النسبة المئوية للمادة الجافة بها، كما أن الخطأ فى تقدير الكثافة النوعية عندما استُخدمت عينة مقدارها ٥ كجم لم يتعد ٠,٠٣، بينما لم يتعد الخطأ ٠,٠٠٩ عندما استخدمت عينة مقدارها كيلوجرام واحد، وتلك مستويات من الخطأ فى الحدود المقبولة (Harvey وآخرون ١٩٩٩).

ولمزيد من التفاصيل عن صفات الجودة فى درنات البطاطس يراجع Gray & Hughes (١٩٧٨). أما صفات الجودة فى البطاطس المصنعة، فيراجع بشأنها Talburt & Smith (١٩٥٩)، و Campbell Institute For Agricultural Research (١٩٦٦)، و Smith (١٩٦٨).

الفصل التاسع

العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية

تتعرض درنات البطاطس للإصابة بعديد من العيوب التى تحط من قيمتها التسويقية، كما تظهر على النباتات أحيانًا أعراض غير طبيعية. وجميع هذه العيوب والأعراض غير الطبيعية ترجع إلى أسباب فسيولوجية، وتختلف عن الإصابات المرضية والحشرية.

أنواع العيوب الفسيولوجية وأهميتها

تُقسَّم الأضرار damges التى تحدث بالدرنات إلى مجموعتين: خارجية وداخلية. وتتراوح الأضرار الخارجية من الخدوش السطحية إلى التمزقات والقطوع والتشققات، بينما تتضمن الأضرار الداخلية البقع السوداء مع ظهور تلون مُحَّدد الحافة بسبب تكوين صبغة الميلانين. وتؤثر حالة الدرنات عند تعرضها لعاملات التداول فى درجة القابلية للإصابة بالأضرار، فتكون الإصابة بالبقع السوداء الداخلية أقل فى الدرنات الممتلئة بالرطوبة turgid، وأكثر فى الدرنات التى فقدت جزءًا من رطوبتها، بينما تقل التمزقات الخارجية عندما لا تكون الدرنات تامة الامتلاء بالرطوبة. وتوجد علاقة إيجابية وثيقة بين القابلية للإصابة بالبقع السوداء والكثافة النوعية، وذلك بالنسبة للصنف الواحد، وليس بين الأصناف المختلفة. ويزداد حدوث كلا النوعين من الأضرار إذا أُجرى الحصاد أو تم تداول الدرنات فى حرارة منخفضة. ويزداد حدوث الأضرار — عادة — فى الدرنات الكبيرة الحجم عما يحدث فى الصغيرة، وقد ذكر وجود ارتباط موجب بين كلٍ من النضج المتأخر، والمحتوى العالى من النشا، وحجم الدرنة، وبين القابلية للإصابة بالأضرار (Dale & Mackay ١٩٩٤).

ونوجز — فيما يلى — أهم العيوب الفسيولوجية لدرنات البطاطس، مع بيان لمسبباتها، ووقت حدوثها، وما تسببه من مشاكل (عن نشرة لجامعة نبراسكا — لنكولن — ٢٠٠٧ — الإنترنت):

العيب	موقعه من الدرنة	المسبب الرئيسى	وقت الحدوث	التأثيرات الضارة
التشوه deformation	خارجى	الحرارة العالية	أثناء الزيادة فى الحجم	فقدان الجودة
تشققات النمو growth cracks	خارجى	التربة الرطبة بعد جفاف	أثناء الزيادة فى الحجم	فقدان الجودة
سلاسل الدرنات chaining	خارجى	حرارة التربة	أثناء منتصف النمو	انخفاض المحصول
البراعم الشعرية hair sprout	خارجى	حرارة التربة العالية	أثناء المراحل المتأخرة للنمو	فقدان الجودة ونقص المحصول
العديسات المتضخمة swollen lenticels	خارجى	التربة الرطبة	أثناء النمو وقبل الحصاد	حدوث أعفان بالمخازن
الاخضرار greening	خارجى	التعرض للضوء	فى أى وقت	فقدان الجودة
التشققات السطحية الهلالية thumnbnail crack	خارجى	التربة الجافة جدًا	عند الحصاد	حدوث أعفان بالمخازن
التشققات الهوائية air cracks	خارجى	البرودة الفجائية	عند الحصاد	حدوث أعفان بالمخازن
الدرنات الصغيرة little tuber	خارجى	زيادة عمر التقاوى	أثناء التخزين	ضعف الانبات ونقص المحصول
المركز البنى والقلب الأجوف brown center & hollow heart	داخلى	النمو السريع بعد الشدّ	المراحل المبكرة إلى المتأخرة من نمو الدرنات	فقدان الجودة وتردِّى المنتج المصنع
القلب الأسود black heart	داخلى	نقص الأكسجين وزيادة رطوبة	أثناء نمو الدرنات والتخزين	فقدان الجودة وتردِّى المنتج
التحلل الحرارى heat necrosis	داخلى	الحرارة العالية والتربة الحامضية	قبل الحصاد	فقدان الجودة وتردِّى المنتج المصنع
التغيرات اللونية الوعائية vascular discoloration	داخلى	الموت السريع للنموات الخضرية وانخفاض الرطوبة	قبل الحصاد	تردِّى المنتج المصنع

العيب	موقعه من الدرنة	المسبب الرئيسى	وقت الحدوث	التأثيرات الضارة
الطرف الجلى والطرف الزجاجى Jelly end & glassy end	داخلى	الموت السريع للنموات الخضرية وانخفاض الرطوبة	قبل الحصاد	تردِّى المنتج المصنع
التبرعم الحرارى heat sprouting	داخلى	ارتفاع حرارة التربة	أثناء المراحل المتأخرة من النمو	فقدان الجودة، ونقص المحصول، وتردِّى المنتج المصنع
التبرعم الداخلى internal sprouting	داخلى	تكويم الدرنات واستعمال مثبطات التبرعم	أثناء التخزين	فقدان الجودة لدرنات الاستهلاك والتقاوى
أضرار البرودة والتجمد chilling & freezing	داخلى	الحرارة المنخفضة	أثناء الحصاد والتخزين	فقدان الجودة وتعرض المحصول للإصابة

ويُبين جدول (٩-١) بعض صفات الجودة وعدد من العيوب الفسيولوجية ومدى أهميتها فى كل من بطاطس التصنيع وبطاطس المائدة.

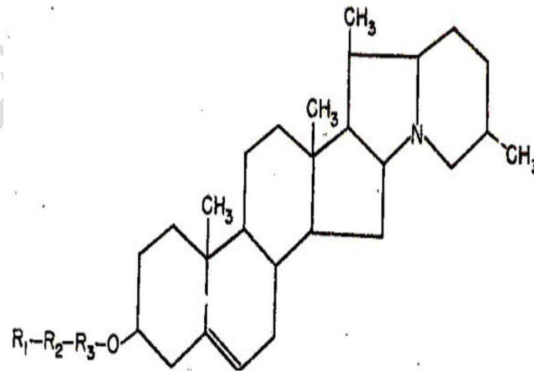
اخضرار الدرنات

يؤدى تعرض الدرنات للضوء إلى اخضرارها نتيجةً لتمثيل الكلوروفيل فيها، وتحول البلاستيدات النشوية amyloplasts إلى بلاستيدات خضراء chloroplasts؛ وهو عيب فسيولوجى يعرف باسم الاخضرار . وتصاحب ذلك دائمًا زيادة فى محتوى الدرنات من الجليكوألكالويدات السامة للإنسان، وهى التى تعرف مجتمعة فى البطاطس باسم السولانين (شكل ٩-١). ويظهر الاخضرار فى أى وقت تتعرض فيه الدرنات للضوء، سواء أكان ذلك قبل الحصاد أم أثناءه، أم أثناء تداول الدرنات، أم عند تخزينها، أم أثناء عرضها للبيع فى الأسواق، أم لدى المستهلك.

جدول (٩–١): صفات الجودة ومدى أهميتها فى كل من بطاطس التصنيع وبطاطس المائدة[أ] (عن Dale & Mackay ١٩٩٤).

الصفة	التصنيع	المائدة
تشوهات الدرنات	H	H
الأضرار والتلف الخارجى	M	H
الأضرار والتلف الداخلى	H	M
الجلوكوألكالويدات	H	H
الاخضرار	H	H
القيمة الغذائية	H	H
اسوداد بعد الطهى	M	H
القوام	M	M
التلون البنى الإنزيمى	H	M
محتوى السكر	H	L
محتوى المادة الجافة	H	L
الطعم	M	H

أ: H = عالية الأهمية.
M = متوسطة الأهمية.
L = قليلة الأهمية.



شكل (٩–١): التركيب البنائى للسولانين.

هذا.. ولا يرتبط تَكَوُّن الكلوروفيل بتكون السولانين إلا فى أن كلاً منهما يتكون عند تعرض الدرنات للضوء، لكن ذلك يتم فى عمليتين منفصلتين؛ فالكلوروفيل يتكون عند التعرض للضوء الأزرق، أو الأصفر، أو الأحمر (ولكن تزداد سرعة تكوينه فى الضوء الأزرق عنها فى الضوء الأحمر)، بينما يتكون السولانين عند التعرض للضوء الأزرق. ومن الطبيعى أن الضوء العادى الذى تتعرض له الدرنات يتضمن كل ألوان الطيف.

ولا توجد أى علاقة أيضية مباشرة بين تمثيل الكلوروفيل والجليكوألكالويدات فى درنات البطاطس لدى تعرضها للضوء (Edwards وآخرون ١٩٩٨).

وقد وجد Dale وآخرون (١٩٩٢) اختلافات جوهريةً فى محتوى درنات ستة أصناف من البطاطس فى كلٍ من الكلوروفيل والجليكوألكالويدات الكلية (السولانين) لدى تعرضها لإضاءة متواصلة شدتها ١٠٠٠٠ لكس (مثل ضوء الشمس تقريبًا) لمدة سبعة أيام. كما بدا من تباين استجابة الأصناف لمعاملة التعريض للضوء وجود علاقة بين الصفتين.

ولقد تكونت الصبغات الكلوروفيلّية فى درنات البطاطس بعد تعرضها لأى من الضوء الأزرق أو الأحمر، إلا أن الضوء الأزرق كان أقوى تأثيرًا عن الأحمر. وعندما كان التعرض للإشعاع لفترة وجيزة كان تكوين الصبغات ضعيفًا واختفت تمامًا بعد تعرض الدرنات للظلام لفترة طويلة، بينما كانت الصبغات التى تكونت بعد فترة طويلة من التعرض للإشعاع ثابتة ولم تختفى (Virgin & Sundqvist ١٩٩٢).

تكون الكلوروفيل

يحدث الاخضرار عند تعرض الدرنات للضوء نتيجة لتمثيل كلوروفيل أ، وكلوروفيل ب بالدرنات حينئذٍ، وكلاهما غير ضارين وعديمًا الطعم، إلاّ أنه يترافق مع الاخضرار تمثيل الجليكوألكالويدات السامة. يكفى التعرض لإضاءة شدتها ٥٣,٨ لكس lux لحدوث الاخضرار، لكن يزداد شدته بزيادة شدة الإضاءة.

وبعد الحصاد.. يكون التعرض لضوء اللمبات الفلورسنتية أكثر فاعلية فى ظهور الاخضرار (Dale & Mackay ١٩٩٤).

لا يتكون الكلوروفيل إلا فى طبقة سطحية من الدرنة لا يتعدى سمكها ٢ مم، ونادرًا ما يزيد تركيزه على ملليجرام واحد لكل ١٠٠ سم٢ من سطح الدرنة. ومتى تَكَوَّن الكلوروفيل وظهر اللون الأخضر، فإن الدرنات لا تفقده بسهولة. ففى إحدى الدراسات وُجِدَ أنه لم يحدث نقص فى محتوى الدرنات من الكلوروفيل بعد تخزينها لمدة ٢٦ يومًا، سواء أكان التخزين فى حرارة ٢,٢، أم ٢٣,٨ ْم. وفى دراسة أخرى تَكَوَّن الكلوروفيل خلال يومين إلى أربعة أيام من التعرض للضوء، بينما لزم لاختفائه شهر كامل من التخزين على حرارة ٢٣,٨ ْم فى الظلام.

وعمومًا، فإن الكميات الصغيرة من الكلوروفيل التى تتكون بعد التعرض للضوء تختفى ببطء مع تخزين الدرنات فى الظلام لفترات طويلة، بينما يبقى الكلوروفيل — الذى يتكون بعد التعرض للضوء لفترة طويلة — ثابتًا (Virgin & Sundqvist ١٩٩٢).

العوامل المؤثرة فى سرعة اخضرار الدرنات

تتأثر سرعة اخضرار الدرنات بالعوامل التالية:

١- الصنف:

تختلف الأصناف فى قابليتها للاخضرار عند تعرضها للضوء؛ فيكون الاخضرار أسرع فى الأصناف ذات الجلد الأبيض. وبرغم تكون الكلوروفيل فى الأصناف ذات الجلد الشبكى الفلينى (russeted varieties)، إلاّ أن ذلك يكون بدرجة أقل مما فى الأصناف ذات الجلد الأملس، كما لا يظهر فيها بنفس الدرجة من الوضوح.

ومن ناحية أخرى.. فالأصناف تختلف فى العمق الذى توضع فيه الدرنات فى التربة؛ فالصنف كاتادن Katahdin مثلاً يضع درناته سطحيًّا، ويحتاج إلى عناية خاصة فى إجراء عملية الترديم لمنع وصول الضوء إلى الدرنات، وإلا تكونت درنات خضراء تمامًا بنسبة ١٠٪–١٥٪ من المحصول، وهى درنات لا تصلح للتسويق ولا يجوز استهلاكها، ولو حتى كعلفٍ للماشية؛ نظرًا للارتفاع الكبير فى محتواها من مادة السولانين السامة.

٢- درجة نضج الدرنات:

تزداد القابلية للاخضرار فى الدرنات غير الناضجة عما فى الدرنات الأكثر نضجًا؛ نظرًا لرقة طبقة البيريدرم فيها.

٣- شدة الضوء ومصدره:

يزداد اخضرار الدرنات بزيادة الضوء الذى تتعرض له، إلا أنه لا يوجد تناسب طردى بينهما. ويزداد الاخضرار عند تعرض الدرنات لضوء الشمس أو للضوء الصادر من اللمبات الفلورسنتية.

٤- مدة التعرض للضوء:

توجد علاقة طردية مباشرة بين اخضرار الدرنات ومدة تعرضها للضوء. وتكفى — عادة — ١٤ ساعة من التعرض لضوء شدته ٦٥-٧٠ قدمًا — شمعة لكى يظهر اخضرار خفيف فى الدرنات، بينما تلزم ٤٣ ساعة حتى يصبح الاخضرار واضحًا، وتختلف نتائج الدراسات بشأن الحد الأدنى لمدة التعرض للضوء اللازمة لبدء الاخضرار، إلا أنها تتفق على أن اللون يكون واضحًا خلال أربعة أيام على الأكثر.

٥- درجة الحرارة أثناء التعرض للضوء:

تزداد سرعة اخضرار الدرنات بارتفاع الحرارة أثناء تعرضها للضوء. وأنسب حرارة يتكون عندها الكلوروفيل هى ٢٠ ْم، بينما يندر أن يتكون الكلوروفيل فى حرارة تقل عن ٤,٤ ْم.

٦- المدة من الحصاد حتى التعرض للضوء:

تقل قابلية البطاطس المخزنة للاخضرار عن البطاطس الحديثة الحصاد؛ لأن طبقة البيريدرم تكون أكبر سمكًا فيها (Smith ١٩٦٨).

وبخلاف العوامل الأخرى المؤثرة على اخضرار الدرنات وتكوين السولانين فيها، فإن التعرض للضوء لا يؤثر على محتوى الدرنات من السولانين إلا فى الطبقة الخارجية فقط التى يظهر فيها — كذلك — الاخضرار، بينما لا تتأثر الأجزاء الداخلية من الدرنة — التى تشكل معظم الدرنة — بالتعرض للضوء ؛ فلا يتغير لونها، ولا يزيد محتواها من السولانين.

وسائل منع اخضرار الدرنات

إن أنسب الوسائل لمنع اخضرار الدرنات هى بتعبئتها فى عبوات لا تسمح بنفاذ الضوء إليها، وتلك هى الوسيلة الوحيدة المتبعة تجاريًّا. وتوجد معاملات أخرى لمنع الاخضرار لا تتبع تجاريًّا، منها تعريض الدرنات لأشعة جاما وبعض المعاملات الكيميائية، كما استخدم Wu & Salunkhe (١٩٧٢) معاملة غمس الدرنات فى زيت الذرة فى محاولة لمنع تَكَوُّن الكلوروفيل والسولانين فى الدرنات. وأجريت معاملات الغمس لمدة نصف ثانية فى زيت حرارته ٢٢ ْم، أو ٦٠ ْم، أو ١٠٠ ْم، أو ١٦٠ ْم، وأعقبها التخلص من الزيت الزائد بالمناشف الورقية؛ بحيث لم تتبق سوى طبقة رقيقة من الزيت على الدرنات، ثم عُرِّضت الدرنات بعد ذلك لضوء فلورسنت قوته ٢٠٠ قدم — شمعة لمدة ١٠ أيام فى حرارة ١٦ ْم، ورطوبة نسبية ٦٠٪. وقد وجد أن معاملة الغمس فى حرارة ٢٢ ْم أدت إلى منع تكون الكلوروفيل بنسبة ٩٣٪–١٠٠٪، والسولانين بنسبة ٩٣٪، بينما أدت معاملات الغمس فى درجات الحرارة الأخرى إلى منع تكوين الكلوروفيل والسولانين كلية.

كذلك وجد أن معاملة درنات البطاطس بشمع البارافين الساخن منع تكوين الكلوروفيل والجليكوألكالويدات (السولانين) فيها (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

ولقد أدى تبخير درنات البطاطس المخزنة فى الضوء بالإيثانول بتركيز ٦٠٠ ميكروليتر/لتر مع المعاملة بغاز النيتروجين إلى تثبيط اخضرار الدرنات وتأخير اخضرارها

لمدة ٦–٧ أيام عن اخضرار درنات معاملة الكنترول، كما أحدثت المعاملة تثبيطًا جوهريًّا لإنتاج الجليوألكالويدات فى قشرة ولب الدرنات، وحسَّنت من مظهرها العام وطعمها (Dong وآخرون ٢٠١٧).

ولمزيد من التفاصيل حول موضوع اخضرار الدرنات .. يُراجع Tanios وآخرون (٢٠١٨).

الجليكوألكالويدات

يُشكل الألفاسولانين ∝-solanine والألفاشاكونين ∝-chaconine (وهما متماثلان بنائيًّا) نحو ٩٥٪ من الجليكوألكالويدات glycoalkaloids الكلية، وكلاهما طرازان جليكوزيليان glycosylated forms من الأجليكون سولانيدين solanidine. وبينما تواجدت الجليكوألكالويدات فى جميع أجزاء النبات، مستوياتها العالية تكون فى الأعضاء والأنسجة الأعلى فى نشاطها الأيضى، مثل الأزهار، والثمار غير الناضجة، والأوراق الحديثة، والنموات البرعمية. وبصفة عامة.. يقل محتوى الجليكوألكالويدات فى الدرنات، وتكون أكثر تواجدًا فى البيريدرم والقشرة، ويقل بوضوح باتجاه النخاع. لكن عندما يزداد محتوى الجليكوألكالويدات فى الدرنات فإنها تنتشر نحو المركز.

تتباين الأصناف فى محتوى درناتها من الجليكوألكالويدات، وفى المستويات المنخفضة فإنها تُسهم فى إكساب الدرنات طعمًا مقبولاً، ولكن فى التركيزات العالية (> ١٥ مجم/١٠٠ جم وزن طازج) فإنها تُكسب الدرنات طعمًا مُرًّا. وعند زيادة تركيزها عن ٢٠مجم/ ١٠٠ جم وزن طازج فإن الدرنات لا تكون صالحة للاستهلاك الآدمى نظرًا لسميتها.

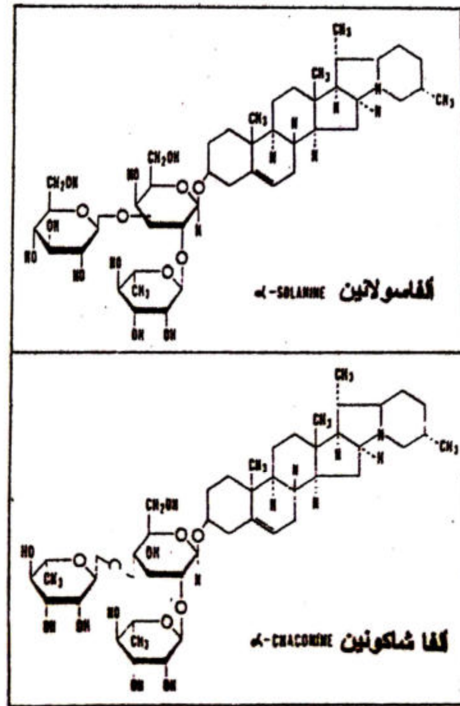
ويُعتقد بأن بعض الجليكوألكالويدات تُكسب النباتات درجة من الحماية من الإصابة ببعض المسببات المرضية، مثل: *Alternaria solani*، *Fusarium coerulum*.

ومن بين العوامل التى يمكن أن تؤثر فى محتوى الدرنات من الجليكوألكالويدات الصنف، والظروف الجوية، وظروف التخزين، ودرجة اكتمال التكوين، والأضرار الفيزيائية، ودرجة الحرارة، والتعرض للضوء. ويزداد محتوى الجليوألكالويدات مع زيادة الأضرار والخدوش الشديدة. ويوجد ارتباط إيجابى عالٍ بين المحتوى الابتدائى من الجليكوألكالويدات، والمحتوى الذى تصير إليه بعد حدوث الأضرار. ويزداد محتوى الجليكوألكالويدات بعد التعرض للضوء، ويؤثر فى ذلك الأمر مدة التعرض للضوء، وشدته، وطول الموجة الضوئية.

وكما أسلفنا.. توجد علاقة بين تمثيل الجليكوألكالويدات وتمثيل الكلوروفيل تظهر فى أن كلاً من حامض الفورميك formate وحامض البيروفك pyruvate، والجليسين glycine تُعد منتجات وسطية فى مسار حامض الميفالونك mevalonic pathway، وكلها بادئات لكل من الجليكوألكالويدات والكلوروفيل (Dale & Mackay ١٩٩٤).

تعريف الجليكوألكالويدات

تعتبر الجليكوألكالويدات Glycoalkaloids مركبات سامة للإنسان والحيوان؛ وهى توجد فى نباتات العائلة الباذنجانية. ويتكون ٩٥٪ على الأقل من الجليكوسيدات السولانيدنية Solanidine glycosides التى توجد فى أصناف البطاطس التجارية — والتى تعرف مجتمعة فى البطاطس باسم السولانين — يتكون من ألفا سولانين ∝-Soalnine، وألفاشاكونين ∝-Chaconine وهى مركبات مشتقة من الأجليكون سولانيدين (شكل ٩-٢).



شكل (٩-٢): التركيب الكيميائى لجزيئى الألفاسولانين ∝-Solanine، والألفاشاكونين ∝-Chaconine (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

أهمية الجليكوألكالويدات وسميتها

على الرغم من أن وجود الجليكوألكالويدات (ألفاسولانين وألفاشاكونين) بتركيز يزيد على ٢٠ ملليجرام/١٠٠جم من الدرنات الطازجة يكسب الدرنات طعمًا مرًّا غير مرغوب فيه، إلا أن التركيز الطبيعى لهذه المادة — والذى لايتعدى عادة ٠,١ جزءًا فى المليون — يكسب الدرنات طعمًا مرغوبًا فيه.

ويُحدث استهلاك البطاطس التى يزيد محتواها من الجليكوألكالويدات على ٢٠ مجم/١٠٠جم تسممًا يظهر فى صورة آلام معدية، وأعراض غير طبيعية فى الجهازين الدورى والعصبى، وعلى الجلد. وفى حالات قليلة أدى استهلاك كميات كبيرة من الدرنات ذات المحتوى المرتفع من الجليكوألكالويدات إلى الموت فى كلٍ من الإنسان والماشية.

وقد حظى السولانين باهتمام الباحثين عقب حدوث عدد كبيرً من حالات التسمم فى ألمانيا عام ١٩٢٢. وقد أُرجعت هذه الحالات فى حينها إلى وجود نسبة عالية غير عادية من السولانين فى درنات البطاطس. ويؤدى تعاطى الإنسان لنحو ١٠٠ ملليجرام من هذه المادة إلى حدوث اضطرابات هضمية وعصبية شديدة، وصداع. ومن المستبعد أن يتعاطى الإنسان هذه الكمية الكبيرة من السولانين؛ إذ إن نسبته لا تزيد فى الدرنات العادية على ١٫٠–٥٫٠ جزءًا فى المليون، ويُزال نحو ٧٠٪ من هذه الكمية عند تقشير الدرنات، كما يُزال نحو ٥٠٪ من الكمية المتبقية عند القلى، ولكنه لا يتأثر بالطهى فى الماء المغلى؛ لأنه يبقى ثابتًا فى حرارة تصل إلى ٢٨٠ °م. وعمومًا يجب عدم استهلاك الدرنات التى يزيد فيها تركيز السولانين على ١٥٠ جزءًا فى المليون.

توزيع الجليكوألكالويدات فى أجزاء نبات البطاطس

توجد الجليكوألكالويدات (الألفاسولانين والألفاشاكونين) فى مختلف أجزاء نبات البطاطس، ولكنها تتركز بصفة خاصة فى الأزهار والأنسجة الخضراء (Kingsbury ١٩٦٣)، ويقل تركيزها كثيرًا فى الجذور. ويوضح جدول (٩–٢) محتوى مختلف أجزاء نبات البطاطس من الجليكوألكالويدات.

جدول (٩–٢): محتوى مختلف أجزاء نبات البطاطس من الجليكوألكالويدات.

الجزء النباتي	المحتوى (مجم/كجم وزن طازج)
الدرنات	٢٠–٢٠٠
قشرة الدرنة (بعمق ٣ مم)	٢٠–١٠٠٠
النموات المتكونة فى الضوء	٦٠٠–٤٠٠٠
النموات المتكونة فى الظلام	١٠٠٠–٥٠٠٠
الأوراق	٣٠٠–٣٠٠٠
السيقان	٣٠–١٠٠
الأزهار	٣٠٠٠–٥٠٠٠
الثمار	٢٠٠–١٥٠٠

يتركز السولانين (ألفاسولانين وألفاشاكونين) فى الدرنات فى الجلد، وحول العيون بصفة خاصة. وتتراوح نسبته فى الدرنات العادية بين ٠,٠١٪ و٠,١٪ من الوزن الجاف، لكن تعرض الدرنات للأشعة فوق البنفسجية يرفع محتواها من السولانين عدة مرات، وقد يصل التركيز إلى ١,٧٪ فى النبت الجديد. وقد يحتوى النبت وحده على أكثر من ضعف كمية السولانين التى توجد فى باقى أجزاء الدرنة (Burr ١٩٦٦).

ويستدل من دراسات Kozukue وآخرين (١٩٨٧) على أن أعلى تركيز لكلٍ من الألفاسولانين، والألفاشاكونين (فى صنفى البطاطس ماى كوين May Queen، وأيرش كوبلر Irish Cobbler) كان فى سبلات وبتلات الأزهار. وفى الدرنات.. كان أعلى تركيز للمركبين فى الملليمتر السطحى من الدرنة، ثم تناقَصَ تركيزهما تدريجيًّا بالاتجاه نحو مركز الدرنة؛ وذلك يعنى أن إزالة الثلاثة إلى الأربعة ملليمترات السطحية من الدرنة عند تقشيرها — لأجل طهيها — يؤدى إلى التخلص من معظم الجليكوألكالويدات التى توجد بالدرنة.

ويزداد تركيز الجليكوألكالويدات كثيرًا فى الدرنات الهوائية عما فى الدرنات الأرضية، وقد تراوح التركيز فى الصنف كِرز بنك Kerrs Pink بين ٠,١٠٪ و٠,٢٥٪، ولكنه تباين كثيرًا بين الأصناف (Percival & Dixon ١٩٩٦أ).

العوامل المؤثرة فى محتوى الدرنات من الجليكوألكالويدات

يتأثر محتوى الدرنات من الجليكوألكالويدات (الألفاسولانين والألفاشاكونين، أو اختصارًا — السولانين) بالعوامل التالية:

١– الصنف:

تختلف الأصناف كثيرًا فى محتوى درناتها من السولانين؛ ففى دراسة أجريت على ٣٢ صنفًا من البطاطس، وجد أن نسبة السولانين تراوحت بين ملليجرامين، و١٣ ملليجرامًا فى ١٠٠ جم من الدرنات الطازجة. ويصل تركيزها فى بعض الأصناف إلى ٣٥ ملليجرام/١٠٠ جم، كما فى الصنف ليناب Lenape؛ وهو صنف توقفت زراعته لهذا

السبب؛ حيث لا يحتاج إلى التعرض لظروف بيئية خاصة لكى يرتفع محتوى درناته من السولانين إلى هذا المستوى. هذا.. ويفضل استهلاك درنات الأصناف التى لا يزيد تركيزها الطبيعى من السولانين على ٧ ملليجرامات لكل ١٠٠ جم من الدرنات الطازجة.

وقد وجد Dale وآخرون (١٩٩٣) أن أصناف البطاطس تختلف فى نسبة محتوى درناتها من الألفاسولانين إلى الألفاشاكونين.

ولكن أيًّا كان الصنف، فإن محتوى الدرنات من الجليكوألكالويدات يرتفع كلما زادت مدة تعرض الدرنات للضوء. وعندما كان متوسط شدة الإضاءة اليومى ٢٣٢ ميكرومول umol/م$^{-2}$/ثانية.. فإن تركيز الجليكوألكالويدات ارتفع عن الحد الأقصى المسموح به خلال ثمانية أيام من التعرض للإضاءة فى الصنفين كِرز بنك Kerrs Pink، وديزريه Disiree، وخلال ١٣ يومًا فى الصنف بنتلاند هوك Pentland Hawk (Percival وآخرون ١٩٩٦ب).

ويرجع التفاوت بين أصناف البطاطس فى محتوى درناتها من السولانين إلى اختلافها فى آبائها البرية التى حصلت منها على بعض صفاتها بالتربية. وتحتوى بعض الأنواع البرية من الجنس *Solanum* على تركيزات عالية من السولانين؛ مثل *S. chacoense* الذى يبلغ محتوى درناته ٢٣٠ مجم٪، و *S. commersonii* الذى يصل تركيز السولانين فى درناته إلى ٥٠٠ مجم٪. هذا.. وقد استعمل النوع الأول (*S. chacoense*) فى إنتاج الصنف ليناب Lenape الذى توقفت زراعته؛ بسبب ارتفاع محتوى درناته كثيرًا عن الحد الأقصى المسموح به وهو ٢٠مجم٪.

ولكى لا يزيد محتوى الدرنات على ٢٠مجم٪ – وهو الحد الأقصى الآمن للاستهلاك الآدمى — فإن التركيز الطبيعى للسولانين فى درنات أى صنف يجب ألا يزيد على ٧ مجم٪؛ فهذا التركيز يعطى البطاطس طعمًا مقبولاً، ولا يضر الإنسان، ويبقى — غالبًا — دون الحد الأقصى المسموح به — وهو ٢٠مجم٪ – بعد التعرض للظروف التى تحفز زيادة محتوى الدرنات من المركب. وبالمقارنة، فإن التركيز العادى للسولانين فى درنات الصنف ليناب — الذى أوقفت زراعته — بلغ ٣٥ مجم٪.

ويعتبر محتوى الدرنات المنخفض من السولانين صفةً متنحيةً بسيطةً فى وراثتها، وذات درجة توريث عالية؛ ولذا.. يهتم مربو البطاطس بتقدير ومراقبة محتوى الدرنات فى الأجيال الانعزالية خلال مراحل التربية، وخاصة فى برامج التربية التى تُستعمل فيها – كمصادر للصفات المرغوبة – أنواع برية يرتفع محتواها من السولانين. كذلك تجب مراقبة إمكانية انتقال مركبات جليكوألكالويدات أخرى – غير السولانين والشاكونين – من الأنواع البرية إلى البطاطس من خلال التربية (عن Sinden ١٩٨٧، و Valkonen وآخرين ١٩٩٦).

٢– التسميد الآزوتى:

أدت زيادة معدلات التسميد الآزوتى من صفر إلى ٣٣٦ كجم نيتروجين/هكتار (١٤٠ كجم/فدان) إلى زيادة محتوى الدرنات من الجليكوألكالويدات الكلية عند الحصاد وبعد التخزين لمدة ٣ أو ٩ شهور (Love وآخرون ١٩٩٤).

٣– التجريح:

أدى تجريح الدرنات إلى زيادة تمثيل كلٍ من الألفاسولانين، والألفاشاكوين (Percival & Dixon ١٩٩٦).

٤– الأضرار الحشرية:

ازداد محتوى درنات البطاطس من كل من الألفاسولانين والألفاشاكونين عندما حدثت أضرار كبيرة للنموات الخضرية للنبات من جراء تغذية حشرة *Leptinotarsa decemlineata* عليها، بينما لم يكن لتغذية حشرة *Empoasca fabae* تأثير فى هذا الشأن (Hlywka وآخرون ١٩٩٤).

٥– الفترة الضوئية أثناء إنتاج المحصول:

تؤدى زيادة الفترة الضوئية إلى إحداث زيادة كبيرة فى محتوى الدرنات من السولانين. وتجدر الإشارة إلى أن الفترة الضوئية الطويلة تؤدى إلى زيادة النمو الخضرى للنبات، وتأخير

وضع الدرنات؛ مما يؤدى إلى صغر حجم الدرنات المنتجة، وزيادة نسبة الدرنات غير المكتملة النمو عند الحصاد؛ وهما عاملان لهما تأثيرهما الكبير فى زيادة محتوى الدرنات من السولانين.

٦- درجة نضج الدرنات:

يبلغ محتوى الدرنات غير الناضجة من السولانين أربعة أمثال محتوى الدرنات الناضجة من نفس الصنف وتحت نفس الظروف.

٧- حجم الدرنات:

يبلغ محتوى الدرنات الصغيرة من السولانين حوالى ضعف محتوى الدرنات الكبيرة من نفس الصنف وتحت نفس الظروف.

٨- المدة من الحصاد وحتى التعرض للضوء:

يتكون السولانين بسرعةٍ أكبر فى الدرنات الحديثة الحصاد عما فى الدرنات المخزنة، لدى تعرض أيٍ منهما للضوء.

٩- مدة التخزين:

يزداد تراكم السولانين فى الدرنات أثناء التخزين.

هذا.. وتتداخل العوامل الخمسة الأخيرة (من ٥ إلى ٩) فى التأثير على محتوى الدرنات من السولانين؛ فالدرنات الصغيرة — وهى التى يزيد محتواها من السولانين عن الدرنات الكبيرة — يزيد فيها كذلك السطح الخارجى المعرض للضوء بالنسبة لكل وحدة وزن من الدرنة عما فى الدرنات الكبيرة، كما تكون بعض الدرنات الصغيرة الحجم غير مكتملة التكوين؛ الأمر الذى يصعب معه الفصل بين عاملى صغر حجم الدرنات وعدم اكتمال تكوينها فى التأثير على محتواها من السولانين.

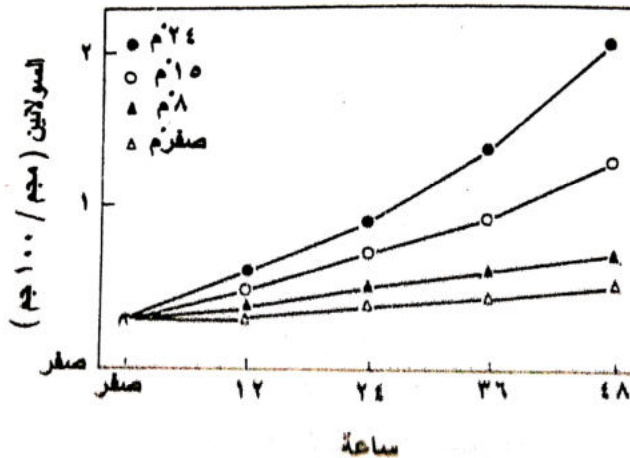
وقد وجد Love وآخرون (١٩٩٤) أن متوسط المحتوى الكلى من الجليكوألكالويدات فى درنات ثلاثة أصناف من البطاطس كان ٢,٩ مجم/١٠٠ جم وزن طازج قبل شهر من الحصاد، و١,٣ عند الحصاد، و٥,٢ بعد ثلاثة شهورٍ من التخزين، و٥,٥ بعد تسعة شهور

من التخزين. وتبين من ذلك أهمية التخزين فى زيادة محتوى الدرنات من السولانين، وقد كانت الزيادة مع التخزين فى حرارة ١٠°م أعلى منها فى حرارة ٤,٤°م.

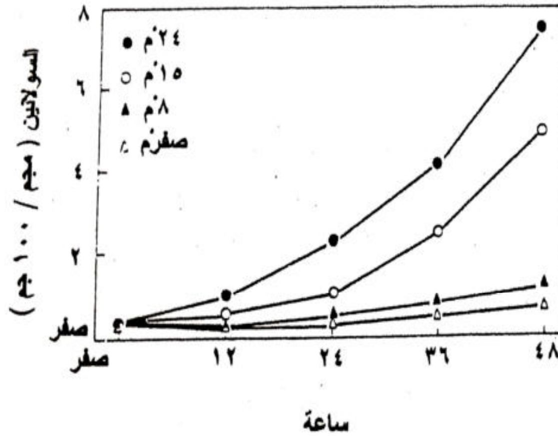
ويؤدى تعريض الدرنات للضوء بعد الحصاد مباشرة إلى زيادة محتواها من السولانين بنحو ١٠ أضعاف، بينما تكون الزيادة بنحو ٢–٣ أضعاف فقط فى الدرنات التى تخزن فى الضوء لفترة قصيرة. هذا.. إلا أن التخزين لفترات طويلة — حتى لو كان فى الظلام — يؤدى أحيانًا إلى زيادة محتوى الدرنات من السولانين، وخاصةً إذا صاحب ذلك إنبات فى براعم الدرنات. ولكن متى أزيلت النموات، فإنه لا توجد خطورة من استهلاك الدرنات التى خزنت لفترات طويلة.

١٠– درجة الحرارة وشدة الإضاءة أثناء التخزين:

يزداد معدل تكوين السولانين فى درنات البطاطس — فى الظلام — مع كل ارتفاعٍ فى درجة الحرارة بين الصفر المئوى، و٢٤°م (شكل ٩–٣)، ولكن هذه الزيادة ترتفع بمقدار حوالى أربعة أضعاف عندما يكون التعرض لمختلف درجات الحرارة فى الضوء (شكل ٩–٤) (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).



شكل (٩–٣): تأثير درجة الحرارة على معدل تكوين السولانين فى درنات البطاطس فى الظلام.



شكل (٩–٤): تأثير درجة الحرارة على معدل تكوين السولانين فى درنات البطاطس فى إضاءة شدتها ٢٠٠ قدم – شمعة.

هذا.. ولا تتحلل الجليكوألكالويدات — التى تتكون فى الدرنات أثناء تخزينها فى الضوء — بمضى الوقت عند تخزينها فى الظلام (Percival وآخرون ١٩٩٤).

ويتبين من دراسات Shabana وآخرين (١٩٨٧) أن أعلى تركيز للسولانين كان فى قشرة درنات البطاطس (من صنفى ألفا وكنج إدوارد) المخزنة فى الضوء مقارنةً بالمخزنة فى الظلام، والمخزنة فى درجة حرارة الغرفة مقارنةً بتلك المخزنة فى حرارة ٥ْم.

وقد أدت معاملة الدرنات بالشمع (فى حرارة تراوحت بين ٦٠ْم و١٦٠ْم)، أو الزيت (فى حرارة تراوحت بين ٢٥ْم و١٠٠ْم)، أو الماء (فى حرارة تراوحت بين ٢٥ْم و١٠٠ْم) إلى تثبيط تكوين السولانين مقارنة بالكنترول، وازداد تأثير هذه المعاملات بزيادة درجة حرارة المعاملة.

وتجدر الإشارة إلى أن تعريض درنات البطاطس للضوء يُحدث — كذلك — زيادة جوهرية فى محتواها من حامض الكلوروجِنيك Chlorogenic acid، ترتبط بكلٍ من المحتوى الأصلى للدرنات من الحامض، وبمعدل تكوين الجليكوألكالويدات لدى تعريض الدرنات للضوء (Griffiths وآخرون ١٩٩٥).

ولمزيد من التفاصيل عن الجليكوألكالويدات فى درنات البطاطس، يراجع Valkonen وآخرين (١٩٩٦).

النمو الثانوى والتشوهات الشكلية

تظهر النموات الثانوية كبروزات من الدرنة الأصلية (شكل ٩-٥)؛ مما يشوه شكلها. وقد يأخذ النمو الثانوى Secendory growth أحد الأشكال التالية:

١- درنات مشوهة deformed tubers ذات عيون جاحظة Protruding eyes.

٢- عيون جانبية Lateral buds، أو الدرنات المتدرنة Knobby tubers.

٣- البراعم الطرفية Apical buds، وهى على نوعين: براعم طرفية كبيرة وأثرية dumbbells، وبراعم طرفية مدببة elongated tubers.

وفى جميع الحالات السابقة تتصل النموات الثانوية بالدرنة الأصلية، دون أن يوجد فاصل بينهما.

٤- درنات ثانوية تنشأ بعد استطالة قمة الساق الأرضية عقب تكوُّن الدرنة الأولى (gemmation) وقد توجد سلسلة من هذه الدرنات الثانوية chain of tubers تفصلها عن بعضها سيقان أرضية قصيرة.

٥- براعم نابتة من الدرنات قبل الحصاد قد تنمو أعلى سطح التربة؛ لتكون ساقًا خضرية (sprouted tubers).



شكل (٩-٥): النموات الثانوية فى درنة البطاطس.

هذا.. ويتوقف نمو الدرنة الأصلية بمجرد بدء ظهور النمو الثانوى؛ حيث يسود النمو الثانوى بعد ذلك. وقد أدت إزالة النمو الثانوى فى بعض الحالات إلى استعادة الدرنة الأصلية لنموها.

مسببات الظاهرة وطرق تجنبها

إن من أهم العوامل التى تؤثر على ظهور النموات الثانوية ما يلى:

١- الصنف:

تختلف أصناف البطاطس فى معدلات ظهور النموات الثانوية فيها؛ فهى تُكْثُر مثلا فى أصناف رست بيربانك Russet Burbank، وجرين ماونتن Green Mountain، بينما تقل فى الأصناف: بونتياك Pontiac، وكِينيك Kennebec، وسيباجو Sebago.

٢- ارتفاع درجة الحرارة ولو لفترة قصيرة:

تمكن Lught وآخرون (١٩٦٤) من دفع درنات البطاطس إلى تكوين نموات ثانوية بتعريض النبات كله، أو أجزائه الهوائية فقط، أو أجزائه الأرضية فقط لحرارة مرتفعة مقدارها ٣٢ ْم لمدة سبعة أيام، كما تمكن Bodlaender (١٩٦٤) من دفع درنات البطاطس إلى تكوين نموات ثانوية بتعريض النباتات لحرارة مرتفعة مقدارها ٣٢ ْم لمدة أسبوعين. ويعتقد أن درجة الحرارة المرتفعة تؤدى إلى كسر سكون الدرنات.

٣- نقص الرطوبة الأرضية:

من المعتقد أن نقص الرطوبة الأرضية يؤدى إلى رفع درجة حرارة التربة؛ مما يؤدى إلى كسر سكون الدرنات؛ أى إن تأثير هذا العامل يكون بصورة غير مباشرة، كما أن جفاف التربة مع ارتفاع درجة الحرارة يزيد كثيرًا من حالة النمو الثانوى.

٤- عدم انتظام الرطوبة الأرضية:

يؤدى نقص الرطوبة الأرضية لفترة إلى وقف نمو الدرنات، فإذا توافرت الرطوبة فجأة بعد ذلك، فإن الدرنات تستعيد نموها. وقد يتم ذلك بصورة غير متجانسة؛

فيحدث نمو أكبر فى مواقع بعض العيون؛ فتتكون بذلك النموات الثانوية. وتجدر الإشارة إلى أن ذلك هو ما يحدث فى العروات الصيفية المتأخرة؛ حيث تعمل الحرارة المرتفعة فى نهاية موسم النمو على كسر سكون الدرنات، وفى نفس الوقت تحتاج الحقول إلى الرى، لتجنب الجفاف، ولخفض حرارة التربة.. وتلك كلها عوامل تحفز ظهور النموات الثانوية.

٥- التعرض لأى ظروف ينشط فيها النمو بعد فترة من التوقف:

يؤدى تعرض نباتات البطاطس لأى ظروف تحفز النمو بعد فترة من التوقف إلى تشجيع تكوين النموات الثانوية. وقد سبقت الإشارة إلى عدم الانتظام فى الرى كأحد هذه العوامل، ومنها أيضًا عدم الانتظام فى التسميد، وتقلبات الظروف الجوية. وفى جميع الحالات يؤدى الرى بعد بدء تكون النموات الثانوية إلى زيادة حدتها.

إن الحرارة العالية أو الشدِّ الرطوبى يمكن أن يتسببا فى إحداث التشوهات الشكلية بالدرنات مثل التحززات constrictions فى الطرف البعيد أو طرف الساق أو فى المنتصف، حسب مدى حالة الشدِّ ومرحلة النمو التى حدث فيها الشد. فمثلاً.. يعنى ظهور الطرف القمى المستدق pointed bud end أن حالة الشدِّ حدثت خلال المراحل المتأخرة لنمو الدرنة، بينما يعنى ظهور الطرف القاعدى المستدق pointed stem end أن حالة الشدِّ حدثت خلال المراحل المبكرة لنموها. ويمكن أن تؤدى إعاقة النمو خلال منتصف مرحلة تكوين الدرنات إلى تكوين شكل الدمبل dumbbell. أما الدرنات كثيرة العقد knobby فإنها تتكون عندما يحدث نمو ثانوى عند العيون الجانبية فى الدرنة بسبب فقدها للسيادة القمية.

وللتغلب على تلك المشاكل تجب المحافظة على النمو المنتظم بتجنب الانحرافات الكبيرة فى تيسر النيتروجين، والمحافظة على رطوبة التربة أعلى عن ٧٠٪، وتجنب عمليات العزيق المتأخر التى تُحوِّر من نظام نمو الدرنات (Stark وآخرون ٢٠١٧).

التشققات بأنواعها ومسبباتها

يمكن أن تأخذ تشققات الدرنات tuber cracks عدة أشكال، منها تشققات النمو growth cracks وحراشيف التمساح alligator scales، وتشققات الجلد skin checking. ويمكن أن تكون الأعراض سطحية أو عميقة.

توجد عدة أنواع من التشققات العميقة والسطحية ترجع إلى أسباب مختلفة؛ هى: الضغط الداخلى من الدرنة، والإصابات الفيروسية، والضغوط الميكانيكية الخارجية، وسوء تداول الدرنات أثناء عملية الحصاد.

وتُعد التغيرات فى نمو الدرنات التى تنشأ عن التقلبات فى الرطوبة الأرضية ومعدلات التسميد السبب الرئيسى فى تشققات الدرنات. وتلعب الحرارة العالية ونسبة المادة العضوية العالية وزيادة الرطوبة الأرضية ومعدلات التسميد دورها فى ظهور حراشيف التمساح (عن Stark وآخرين ٢٠١٧).

وعلى الرغم من سيادة الاعتقاد بأن تشققات النمو مردها إلى تقلبات الشدِّ الرطوبى، أو إلى التغيرات فى معدل نمو الدرنات، فإنه قد وُجد أن الظروف التى تُحفز النمو الدرنى السريع جدًّا — التى قد يواكبها أو لا يواكبها التخلص من الشدِّ الرطوبى — يمكن أن ينتج عنها إنتاج درنات كبيرة بها شقوق عميقة (شكل ٩-٦)، إلاّ أن التخلص من الشدِّ الرطوبى قد يواكبه كذلك تمزقات سطحية ذات حواف خشنة، وقد يظهر كلا النوعين من التشققات (Dale & Mackay ١٩٩٤).



شكل (٩-٦): الشقوق العميقة بدرنات البطاطس.

تؤدى الضغوط الداخلية إلى ظهور تشققات النمو Growth Cracks؛ وهى تشققات عميقة عادةً، وتكون باتجاه طول الدرنة، وتظهر نتيجة لعدم قدرة الأنسجة الخارجية للدرنة على النمو بالقدر الذى يكفى لاستيعاب النمو الداخلى. يحدث ذلك عند كثرة التسميد، أو عند توفر الرطوبة الأرضية بعد فترة من الجفاف. وتلتئم تشققات النمو التى تتكون قبل الحصاد بفترة كافية، وتصبح مجرد شقوق سطحية ليست لها أهمية، ونادرًا ما تصاب بالكائنات التى تسبب العفن. وتختلف أصناف البطاطس فى قابليتها للإصابة بهذا النوع من التشققات.

وقد تحدث تشققات النمو هذه فى النباتات المصابة بفيروسات معينة؛ وهى: فيرس التقزم الأصفر، وفيرس الموب توب mop-top virus، وكذلك بعض سلالات فيرويد الدرنة المغزلية.

أما الأضرار الميكانيكية التى تحدث أثناء الحصاد وتداول الدرنات، فإنها تكون على شكل شقوق قد يصل عمقها إلى مسافة ٥ مم، وتكثر فى الدرنات غير الناضجة، والدرنات الكبيرة الحجم، وعند الحصاد فى الجو البارد، وعندما تكون الدرنات بحالة نضرة تمامًا؛ حيث تكون شديدة الحساسية لأى ضغوط (turgid). وتزداد هذه الحالة عندما تكون الرطوبة الأرضية عالية بعد موت النموات الخضرية لأى سبب كان، بينما تكون الجذور مازالت نشطة فى امتصاص الماء.

وتظهر الخدوش Bruises، والشقوق السطحية Shallow Cracks عند معاملة الدرنات بخشونة — خاصة وهى باردة — سواء أكان ذلك أثناء الحصاد، أم التداول، أم التدريج، أم الشحن. يؤدى سوء المعاملة إلى قطع طبقة جلد الدرنة، وتكتسب الأنسجة المتأثرة لونًا ورديًا فى البداية، ثم تتحول إلى اللون الرمادى أو البنى. وتشكل هذه الخدوش والشقوق السطحية منفذًا للبكتيريا والفطريات، وخاصة فطر الفيوزاريم، والتى تؤدى إلى تعفن الدرنات (Rich ١٩٨٣).

ويختلف العيب الفسيولوجى خدوش التحطم shutter bruise عن خدوش البقع السوداء فى أن الضغوط التى تتعرض لها الدرنة تؤدى إلى انفصال الجدر الخلوية فى

طبقة الجلد وما تحتها من نسيج؛ مما يؤدى إلى ظهور تشقق واضح، ويزداد وضوحًا مع جفاف النسيج وحدوث الانفصال بين جانبى الشق.

ومن أهم العوامل التى تحفز حدوث هذه الظاهرة (خدوش التحطم) امتلاء الدرنات كثيرًا بالرطوبة high turgidity، وحرارة داخلية للدرنة تقل عن ٧ْم، وسوء التداول.

وقد يظهر ما يُعرف بشقوق ظفر الإبهام thumbnail cracks (تُسمى أيضًا شقوق هوائية air cracks) وهى تكون على شكل هلالى شبيه بالشقوق التى يحدثها ظفر الإبهام عند اختراقه للدرنة، وهى حالة معتدلة من خدوش التحطم؛ حيث تكون فيها الشقوق سطحية ومنحنية (Stark وآخرون ٢٠١٧). وتكون هذه الشقوق — عادةً — سطحية، ولا يتعدى عمقها ١–٢ مم. وهى تنشأ نتيجة لتداول الدرنات بخشونة مع سرعة جفاف جلد الدرنة بعد الحصاد. وتقل شدة الإصابة — عادةً — عند إجراء الحصاد آليًّا؛ بالمقارنة بالحصاد اليدوى الذى تترك فيه الدرنات على سطح التربة لحين جمعها.

ويمكن خفض شدة الإصابة بالتشققات بمراعاة ما يلى:

١– إجراء العمليات الزراعية بطريقة تضمن انتظام النمو.

٢– تأخير الحصاد لحين موت النموات الخضرية ونضج البيريدرم، مع تجنب الحصاد عندما تكون التربة باردة.

٣– تجنب تعريض الدرنات للضغوط، أو السقوط الفجائى؛ خاصة وهى باردة.

٤– حماية الدرنات من الجفاف السريع بعد الحصاد، وأثناء النقل إلى المخازن (Rastovski & van Es ١٩٨١).

ولقد أظهرت الدرنات العالية فى محتواها من المادة الجافة والنشا والكالسيوم أعلى قدر من المقاومة للضغوط الميكانيكية التى تتسبب فى حدوث تشققات الجلد، والتى تظهر فى صورة تشققات ظفر الإبهام thumbnail cracks. ويبدو أن زيادة محتوى النشا والمادة الجافة ينعكس إيجابيًّا على بعض مكونات الخلية؛ مما يجعلها أكثر

مقاومة للضغوط. أما الكالسيوم فهو يربط بوليمرات الجدر الخلوية؛ مما يجعلها أكثر ثباتًا (Koch وآخرون ٢٠١٨).

التسلخ أو الترييش

تُعد ظاهرة التسلخ skinning،أو الترييش feathering دليلاً على عدم اكتمال تكوين طبقة جلد الدرنة عند الحصاد (شكل ٩-٧)، وتظهر بعدما يتم تداول تلك الدرنات. ويزيد مع هذه الظاهرة الفقد الرطوبى والإصابة بالأمراض عند التخزين.

تظهر حالة الترييش أو التسلخ وسمطة الشمس sun scald عند تعرض الدرنات الحديثة الحصاد – وهى ما زالت غير ناضجة لأشعة الشمس القوية، مع درجات حرارة مرتفعة. وتزداد الحالة سوءًا عند تداول الدرنات بخشونة أثناء الحصاد وتجريحها بكثرة مع تعرض الدرنات للرياح.

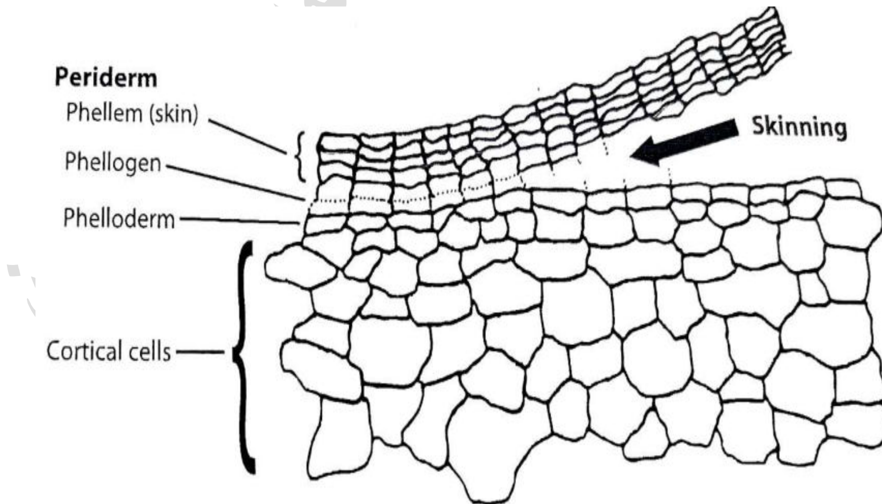


شكل (٩-٧): ظاهرة التسلخ فى درنات البطاطس.

آلية حدوث التسلخ

يؤدى سوء التداول والتجريح إلى تسلخ جلد الدرنة قبل أن تتكون عليه طبقة البيريدرم، وتبقى أجزاء الجلد المنسلخة عالقة بالدرنة، وتلك هى الظاهرة التى تعرف باسم التسلخ أو الترييش. وهذه الجروح يمكن أن تلتئم فى الظروف المثالية عند الإسراع بإجراء عملية المعالجة curing، لكن تعرض الدرنات المنسلخة هذه لأشعة الشمس القوية ودرجات الحرارة المرتفعة يؤدى إلى فقد رطوبتها بسرعة من المناطق المنسلخة التى تصبح غائرة قليلاً، ويتحول لونها إلى اللون البنى الداكن أو الأسود؛ وهو ما يعرف باسم السمطة scald، وقد تصبح لزجة عند تَكَوُّن نمواتٍ بكتيرية بها. ولا تصلح هذه الدرنات للتخزين، وتتعفن بسرعة.

يتكون البيريدرم periderm من ثلاث طبقات من الأنسجة، هى: الفِلِّم phellem، والفِلّوجين phellogen، والفِلّوديرم phelloderm (شكل ٩–٨).. ويعرف النسيج الخارجى — وهو الفِلِّم — باسم الجلد skin. أما الفِلّوجين فإنه طبقة رقيقة من خلايا ميرستيمية، والفِلّوديرم هو النسيج المجاور لنسيج القشرة cortex الخازن للنشا بداخل الدرنة.



شكل (٩–٨): طبقات بيريدرم الدرنة وكيفية حدوث التسلخ.

يسمح إنتاج خلايا جديدة من طبقة الفِلّوجين بتمدد الجلد مع زيادة الدرنة فى الحجم. وتثبِّت تلك الخلايا المنقسمة الجلد فى مكانه لكنها لا تتحمل الشد أثناء زيادة الدرنة فى الحجم، ويكون من السهل تسلخ الجلد فى تلك المرحلة.

يوفر ثبات الجلد مقاومة ضد التسلخ وفقدان الرطوبة. يحدث هذا الثبات بسبب متانة الفِلّوجين؛ الأمر الذى يحدث على مدى ٢–٥ أسابيع. تُصبح الجدر الخلوية للفِلوجين أقوى أثناء اكتمال تكوين الدرنة فلا يحدث انكسار بين الخلايا، ومن ثم لا يحدث تسلخ للجلد.

يترسب السيوبرين suberin (وهو biopolymer معقد) فى الفِلِّم أو الجلد. تدخل مواد شمعية فى تركيب السيوبرين تعمل على منع فقد الماء من خلال البيريدرم. ويتواجد السيوبرين وما معه من شموع فى البيريدرم خلال جميع مراحل نمو الدرنة، إلاّ أن قدرة البيريدرم على الحد من فقد الرطوبة تزداد مع اكتمال تكوين الدرنة. كذلك يلعب السيوبرين دورًا فى الحد من الإصابات المرضية الفطرية والبكتيرية المسببة للأعفان.

إن السيوبرين يتكون من bipolymers تشبه اللجنين مع أحماض دهنية ويشكل حاجزًا يحمى الدرنة من مسببات الأمراض. وتفيد الدهون الذائبة التى تترسب فى السيوبرين فى منع فقد الرطوبة وبقاء الدرنة صلبة. وتعرف عملية ترسيب السيوبرين داخل الجدر الخلوية باسم suberization.

وإذا ما تسلخ جلد الدرنة يحدث suberization للخلايا تحت المنطقة المتسلخة. يحدث ذلك فى خلال عدة أيام ويوفر حماية مؤقتة للدرنة. وفى نهاية الأمر يتكون بيريدرم جروح wound periderm تحت المنطقة المتسلخة (التى كانت قد أُقفلت جزئيًّا فى خلال عدة أيام بعد التسلخ) ويوفر ذلك حماية دائمة (Bussan وآخرون ٢٠٠٩).

وسائل الحماية من الظاهرة

يمكن الحد من تلك الظاهرة بتنظيم الرى، وتقليل النيتروجين الميسر فى نهاية موسم النمو، والحد من الرطوبة الزائدة؛ فتلك عوامل تؤخر اكتمال تكون الدرنات،

وتزيد من قابليتها للإصابة بالتربيش. ويُفيد القتل التام للنموات الخضرية قبل الحصاد بنحو ١٤–٢١ يومًا إلى اكتمال تكوين الجلد (Stark وآخرون ٢٠١٧).

كما يمكن تقليل تعرض الدرنات للإصابة بهذه الحالة بتداولها بحرص أثناء الحصاد، مع تجنب تعريضها لأشعة الشمس القوية، أو لدرجات الحرارة المرتفعة أثناء أو بعد الحصاد مباشرة.

العديسات الكبيرة

تؤدى زيادة الرطوبة الأرضية بدرجة كبيرة إلى سوء التهوية، ويتأقلم النبات على هذه الحالة بزيادة اتساع العديسات حتى تسمح بتبادل الغازات، فتبدو بيضاء اللون، وكبيرة الحجم، ويطلق على هذه الحالة اسم enlarged lenticels.

العفن القاعدى الجيلاتينى أو النهايات السكرية

تظهر حالة العفن القاعدى الجيلاتينى Jelly End Rot أو القاعدة الجيلاتينية أو النهايات السكرية sugar ends فى الدرنات غير العادية الشكل، خاصة تلك التى تظهر بها نموات ثانوية. وتكون قاعدة الدرنة شبه شفافة translucent ends، أو زجاجية المظهر glassy ends، وتصبح النهاية كالجلى بعد انهيار الأنسجة، وهى تظهر عند الحصاد، أو أثناء التخزين، وتكثر السكريات المختزلة فى هذه الأجزاء؛ مما يؤدى إلى تلون الشبس بلون داكن. وتتطور هذه الأعراض أثناء التخزين؛ لتصبح قاعدة الدرنة جيلاتينية المظهر. ولا تلبث هذه القاعدة الجيلاتينية أن تجف إلى طبقة جلدية، مع وجود حدٍ فاصل بين النسيج المصاب والنسيج السليم. وتلك مشكلة كبيرة فى بطاطس التصنيع؛ حيث تكون أطراف البطاطس داكنة اللون بعد تحميرها.

ويرجع المظهر الزجاجى شبه الشفاف إلى غياب النشا من الأجزاء المصابة؛ بتحوله إلى سكريات مختزلة. وتتشابه هذه الأعراض مع مظهر الدرنة الأم (قطعة التقاوى) عندما تكون النباتات فى مرحلة متقدمة من النمو.

يزداد ظهور حالة القاعدة الجيلاتينية فى أصناف البطاطس ذات الدرنات الطويلة والمستدقة، وخاصة عندما تكثر بها النموات الثانوية من نوع القمة المدببة pointed

ends، أو نوع البراعم الطرفية الكبيرة الدائرية dumbbells. ولا تظهر الأعراض الأخيرة إلاّ فى قمة الدرنة rose end. ولا ترجع هذه الأعراض إلى أية إصابات مرضية، لكن الأجزاء المصابة يمكن أن تحدث فيها إصابات ثانوية (Stark وآخرون ٢٠١٧).

وتظهر أعراض الدرنات الزجاجية glassy tubers فى الدرنة الأولى فى حالة سلاسل الدرنات التى تتكون بالتتابع على نفس الساق الأرضية — وهى الحالة التى تعرف باسم gemmation — لأن النشا ينتقل من الدرنات الأولى فى التكوين إلى الدرنات الأحدث، خاصة بعد موت الأجزاء الهوائية للنبات.

وتكثر حالة القاعدة الجيلاتينية فى نفس الظروف التى تظهر فيها حالات النمو الثانوى، كما أنها تظهر كذلك عند حصاد الدرنات وهى غير تامة النضج، ثم تخزينها مباشرة فى حرارة ٥,٥ْم.

ومن بين الظروف التى تُناسب ظهور القاعدة السكرية ارتفاع حرارة التربة والهواء، والجفاف المرحلى (المؤقت) للتربة، خاصة أثناء تنشئة الدرنات وبداية نموها، وعدم كفاية التسميد الآزوتى أو الإفراط فيه. تؤثر تلك الظروف خاصة خلال مرحلة امتلاء الدرنات، ويبدو أنها تُحدث تغيرات إنزيمية تجعل الدرنة يتحلل فيها النشا بدلاً من أن تقوم بتمثيله (Thompson وآخرون ٢٠٠٨).

ويمكن الإقلال من ظهور هذا العيب الفسيولوجى بتجنب تعريض النباتات للظروف التى تشجع على تكوين نموات ثانوية، وبتخزين الدرنات التى لم يكتمل نضجها فى حرارة ٩ْم (Rastovski & Van Es ١٩٨١).

ولمزيد من التفاصيل حول هذا العيب الفسيولوجى.. يُراجع Thompson وآخرين (٢٠٠٨).

التغير اللونى فى طرف الساق

يحدث التغير اللونى بطرف الساق stem-end discoloration على صورة تلون بنى فى الجهاز الوعائى (اللحاء والخشب) بالقرب من مكان اتصال الدرنة بالساق الأرضية. وتتباين

شدة الظاهرة حسب الموسم والصنف، إلاّ إنها لا تمتد لأكثر من ١,٢٥–٢,٥ سم داخل الدرنة. وقد لا يكون التغير اللونى ظاهرًا عند الحصاد، لكنه يزداد شدة أثناء التخزين.

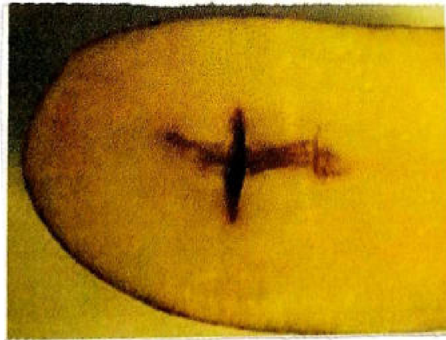
ويمكن أن تختلط هذه الظاهرة مع أعراض الإصابة بذبول فيرتسيليم، وبفيرس التفاف أوراق البطاطس الذى يُحدث تحللا شبكيًّا.

وللحد من تلك الظاهرة تجب مراعاة الظروف المناسبة عند الحصاد؛ فلا يُقتل النمو الخضرى حال تعرض النباتات لشدٍّ حرارى أو مائى، أو قبل بدء دخول النمو الخضرى فى مرحلة الشيخوخة. وغالبًا.. يفيد الرى قبل قتل النمو الخضرى فى الحد من هذه الظاهرة (Stark وآخرون ٢٠١٧).

القلب الأجوف

أعراض الإصابة

تبدأ أعراض القلب الأجوف hollow heart بموت جزء صغير من خلايا نخاع الدرنة بعد أن تختفى محتوياتها، ثم تصبح هذه الأماكن فارغة وتأخذ شكل شقوق داخلية عدسية الشكل، أو نجمية ذات زوايا عند الأركان، ويزداد اتساعها تدريجيًّا مع نمو الدرنة. ولا تظهر أية أعرض داخلية أخرى، باستثناء احتمال ظهور لون رصاصى باهت فى الأنسجة المحيطة بالفجوة. أما من الخارج، فإن الدرنات تبدو طبيعية تمامًا. ونادرًا ما تتعفن المنطقة المصابة بالقلب الأجوف، شكل (٩–٩).



شكل (٩–٩): القلب الأجوف فى درنة البطاطس.

يكون التجويف — عادة — مركزيًّا إذا بدأ تكوينه فى المراحل المبكرة لنمو الدرنة، بينما يكون التجويف قريبًا من أحد طرفى الدرنة القمى أو القاعدى إذا بدأ تكوينه فى مرحلة متأخرة من نمو الدرنة.

وتحدث حالة القلب الأجوف؛ نتيجةً لزيادة معدل الانقسام والنمو فى خلايا الأنسجة المحيطة بالنخاع owter perimedullary region عما فى خلايا النخاع pith region، الأمر الذى يؤدى إلى حدوث تمزق وانفصالٍ بين الخلايا فى منطقة النخاع؛ مما يؤدى إلى تكوين التجويف الداخلى.

ويكون انفصال الخلايا وتحللها فى موقع الإصابة بالقلب الأجوف فيزيائيًّا، وليس إنزيميًّا (Mogen & Nelson ١٩٨٦).

تحاط الفجوة الداخلية — عادة — بنسيج فلينى، وتختلف الفجوات فى أحجامها، وقد توجد أكثر من فجوة. ونادرًا ما تظهر هذه الأعراض فى الدرنات الصغيرة، كما لا تظهر أية أعراض على النباتات.

وتزداد فرصة إصابة الدرنات بالقلب الأجوف مع زيادتها فى الحجم؛ ففى إحدى الدراسات وُجِدَ أن نسبة الإصابة تراوحت بين الصفر ٪ – بالوزن — للدرنات التى يقل قطرها عن ٣,٨ سم، و٧٨٪ للدرنات التى يزيد قطرها على ٨,٩ سم. وفى دراسة أخرى تراوحت نسبة الإصابة بين الصفر٪ فى الدرنات التى يقل وزنها عن ٢٠٠ جم و١٠٠٪ فى الدرنات التى يبلغ وزنها ٦٠٠ جم أو أكثر من ذلك.

كذلك تزداد نسبة الإصابة بالقلب الأجوف مع نقص الكثافة النوعية للدرنات؛ حيث تراوحت النسبة بين ٥,٣٪ – بالوزن — فى الدرنات التى تزيد كثافتها النوعية على ١,١٠ إلى ٨٦,١٪ فى الدرنات التى تبلغ كثافتها النوعية ١,٠٦ أو أقل من ذلك. وفى دراسةً أخرى وجد أن نسبة الإصابة بالقلب الأجوف بلغت ٤,٢٪ فى الدرنات التى تراوحت كثافتها النوعية بين ١,٠٧١، و١,٠٨٠، و٩,٢٪ عندما كانت الكثافة النوعية ١,٠٨١ أو أعلى من ذلك، و٦٦,٦٪ عندما كانت الكثافة النوعية ١,٠٥٠ أو أقل من ذلك.

وعندما تظهر أعراض القلب الأجوف على الدرنات الصغيرة الحجم، فإن الفجوات تتكون بسبب تحول النشا إلى سكر فى ظروف الجفاف، ثم تدفق الماء إلى داخل الدرنة بعد توفر الرطوبة الأرضية.

ويعرف نوع آخر من الأعراض شبيهة بالقلب الأجوف. وهذه الأعراض ترجع إلى الارتفاع الشديد فى درجة الحرارة، وتكون فيها الفجوات صغيرة، قاتمة اللون، قريبة من سطح الدرنة. وقد أطلق اسم عين القط Cat's eye على الأعراض المصاحبة لهذا العيب الفسيولوجى، ولكنه يختلف كليةً عن حالة القلب الأجوف.

مسببات الظاهرة

بصورة عامة.. فإن الإصابة بالقلب الأجوف تكثر فى الدرنات الكبيرة الحجم. وتزداد حدة الإصابة فى الحالات التى يكون فيها النمو الخضرى سريعًا؛ بسبب ارتفاع درجة الحرارة، أو زيادة الرطوبة الأرضية عند بداية تكوين الدرنات، كما تزداد الحالة سوءًا بزيادة التسميد الآزوتى، وخاصة عندما تأتى هذه الظروف بعد فترة من الظروف القاسية التى يتوقف خلالها النمو.

ويعنى ذلك ازدياد الإصابة بالقلب الأجوف فى جميع الظروف التى تحفز النمو السريع للدرنات وتكوين درنات كبيرة الحجم.

فتزداد حدة الإصابة عند زيادة التسميد العضوى قبل الزراعة، وعند استعمال تقاوٍ صغيرة الحجم فى الزراعة، وعند زيادة مسافة الزراعة، أو زيادة نسبة الجور الغائبة، وجميعها عوامل تؤدى إلى زيادة حجم الدرنات المنتجة.

وترتبط شدة الإصابة بالقلب الأجوف — بدرجةٍ عاليةٍ — بمعدل النتح من الأوراق؛ الأمر الذى يعكس التأثير الإيجابى لتوفير الرطوبة الأرضية بكثرة على الإصابة بالعيب الفسيولوجى (Ehlenfeldt ١٩٩٢).

وعندما يحافظُ على الرطوبة الأرضية بين ٨٠٪ و٩٠٪ من السعة الحقلية، فإن إضافة النيتروجين بمعدلات عاليةٍ — خلال الفترة التى تعقب وضع الدرنات مباشرةً —

تؤدى إلى زيادة نسبة الإصابة بالقلب الأجوف عما لو أضيف النيتروجين قبل الزراعة، أو بمعدلات منخفضة على مدى فترة زمنية أطول (McCann & Stark ١٩٨٩).

قد تحدث ظاهرة القلب الأجوف إما فى المراحل المبكرة لتكوين الدرنة، وتسببه نفس الظروف التى تسبب القلب البنى، وإما فى مراحل متأخرة من نمو الدرنة، ولا يرتبط آنذاك بظاهرة المركز البنى. وتحدث ظاهرة القلب الأجوف فى المراحل المتأخرة لنمو الدرنة فى الظروف التى تُبطئ نموها مثل الحرارة المنخفضة وشدِّ العناصر المغذية، ثم يتبعها ظروف مناسبة للنمو الدرنى السريع (Stark وآخرون ٢٠١٧).

وسائل التغلب على الظاهرة

لا يمكن فرز المحصول للتخلص من الدرنات الكبيرة الحجم التى يحتمل إصابتها بالقلب الأجوف؛ لأن ذلك يستدعى استبعاد كل الدرنات التى يزيد قطرها على ٥,١ سم، وكذلك تلك التى تكون كثافتها النوعية ١,٠٩ أو أقل من ذلك؛ مما يعنى استبعاد حوالى ٥٠٪ من المحصول إذا أُريد ألا تزيد احتمالات الإصابة بالقلب الأجوف عن ٥٪؛ وذلك أمر غير مقبول من الناحية الاقتصادية، ولا يوصى به، ويتعين بدلاً من ذلك العمل على خفض احتمالات الإصابة بالقلب الأجوف فى المحصول ذاته، دون اللجوء إلى فرزه؛ للتخلص من الدرنات المصابة أو التى تزيد فيها احتمالات الإصابة؛ وهى التى يزيد وزنها عن ٤٠٠ جم.

هذا.. إلا أنه يمكن باستخدام أجهزة أشعة إكس الكشف عن حالات الإصابة بالقلب الأجوف؛ حيث يمكن فحص حوالى ٣,٤ طنًا من الدرنات فى الساعة. وتتراوح نسبة النجاح فى الكشف عن حالات الإصابة بين ٧٥٪ و٨٥٪ فى مختلف الأصناف. وعندما تقع العيون المتقابلة — على جانبى الدرنة — فى مسار الأشعة، يكون من الصعب تعرُّف حالات القلب الأجوف.

وتستعمل لأجل ذلك أجهزة تشبه الأجهزة المستعملة فى فحص الحقائب لدواعى الأمن فى المطارات. ويتعين على القائم بتشغيل الجهاز التعرف على الدرنات التى يستدل من صورتها على الجهاز على إصابتها بالقلب الأجوف.

تمر الدرنات — وهى فى طبقة واحدة — على سيور بعرض ٦١ سم تتحرك بسرعة ١٢,٢– ١٣,٧ مترًا فى الدقيقة. ويمكن زيادة كفاءة العمل بالتركيز على الدرنات الكبيرة وتلك التى تنخفض كثافتها النوعية؛ وهى التى تزداد احتمالات إصابتها بالقلب الأجوف (عن Rex & Mazza ١٩٨٩).

ويمكن خفض معدلات الإصابة بالقلب الأجوف فى المحصول ذاته بمراعاة ما يلى:

١– زراعة الأصناف الأقل قابيلية للإصابة؛ وهى ذات الدرنات الصغيرة بطبيعتها.

٢– استعمال تقاوٍ كبيرة الحجم فى الزراعة.

٣– الزراعة على مسافات ضيقة، وتجنب وجود جورٍ غائبة.

٤– عدم الإفراط فى الرى.

٥– عدم الإفراط فى التسميد الآزوتى، وعدم إضافة الأسمدة الآزوتية دفعة واحدة وقت وضع الدرنات، أو بعد ذلك بقليل.

٦– الاهتمام بالتسميد بكلٍ من الفوسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم.

تلون الحلقة الوعائية الفسيولوجى

من أبرز أعراض تلون الحلقة الوعائية الفسيولوجى Physiolotical Vascular Discoloration اكتساب الحلقة لونًا رصاصيًّا أو بنيًّا ضاربًا إلى الأحمر. وتشتد الأعراض — عادة — بالقرب من قاعدة الدرنة، ولكنها قد تنتشر فى كل الحلقة الوعائية.

تظهر هذه الأعراض عند الموت الفجائى للنموات الخضرية، ولا يختلف الأمر أَحَدَثَ الموت الفجائى بسبب الصقيع، أم بسبب القتل السريع للنموات الخضرية قبل الحصاد، أم بسبب قطعها ميكانيكيًّا وهى خضراء. ولتجنب هذه الحالة يجب استعمال المركبات التى لا تُحدث قتلاً سريعًا للنموات الخضرية قبل الحصاد، وإنما تستعمل تلك التى تسبب قتلاً بطيئًا على مدى عدة أيام. وقد يمكن استعمال جرعات مخففة من مركبات القتل السريع، تُعطى على دفعتين بدلاً من استعمال جرعة واحدة مركزة منها (عن Rich ١٩٨٣).

كذلك يفيد عدم تعريض النباتات للجفاف الشديد فى تجنب الموت السريع للنموات الخضرية عند معاملتها بالمركبات التى تستعمل فى التخلص منها قبل الحصاد؛ وبالتالى تقل احتمالات الإصابة بتلون الحزم الوعائية الفسيولوجى.

التبقع البنى الداخلى أو التحلل الداخلى أو التحلل الحرارى الداخلى

أعراض الإصابة

يعتبر التبقع البنى الداخلى Internal Brownspot أو التحلل الداخلى Internal Necrosis حالة خاصة من القلب الأسود؛ قد تظهر قبل الحصاد أو أثناء التخزين فى الدرنات التى تكون قد تهيأت لظهور الأعراض عليها قبل الحصاد.

وتعرف حالة التبقع البنى الداخلى بأسماء عديدة؛ نذكر منها ما يلى:

- التلون البنى الداخلى Internal Browning.
- البقع الصدئة الداخلية Internal Rust Spot.
- التحلل الداخلى الفسيولوجىPhysiological Internal Necrosis.
- التبقع الشيكولاتى Chocolate Spot .
- النقط البنية الداخلية Internal Brown Fleck.

وتختلف هذه الحالة عن حالة التحلل الحرارى (والتى تعرف كذلك باسم تحلل الجفاف Drought Necrosis، وبقع الجفاف Drought Spots).

يُعرف التحلل الداخلى internal necrosis — كذلك — باسم البقع البنية الداخلية internal brown spot أو التحلل الحرارى heat necrosis، وهو يُعد مشكلة فى المناطق التى تسودها حرارة عالية فى التربة والهواء أثناء المراحل المتأخرة لتكوين الدرنات.

تحدث الظاهرة على صورة بقع أو مناطق صغيرة متحللة بنية اللون داخل الحلقة الوعائية بالدرنة، وهى تختلف عن ظاهرة المركز البنى فى أن البقع لا تتمركز فى مركز

الدرنة. قد يبدأ حدوث الظاهرة مع بداية تكوين الدرنة، ولكنها تكون أكثر شدة خلال المراحل المتأخرة من تكوينها. وتزداد الأعراض شدة أثناء التخزين، خاصة فى الحرارة العالية.

ويتميز العيب الفسيولوجى البقع الصدئة الداخلية internal rust spot بظهور بقع صدئة اللون أو مساحات صدئة موزعة دون انتظام فى أنحاء الدرنة. وتُستحَث الظاهرة بعددٍ من العوامل البيئية، منها محدودية الماء الأرضى، والحرارة العالية خلال موسم النمو، وعدم انتظام النمو. ويلزم لظهورها انخفاض محتوى الكالسيوم فى الدرنات المصابة. كذلك تزداد الظاهرة عند حدوث تقلبات فى رطوبة التربة، وفى درجة الحرارة (وهى العوامل التى يتبعها تباين فى معدل نمو الدرنات)، وعند الزراعة فى الأراضى الرملية. لكن لا يجب الخلط بين هذه الظاهرة وأعراض الإصابة بفيرس خشخشة البطاطس Potato rattle virus. كذلك يزداد ظهور الظاهرة فى الزراعات المتأخرة، وعند زيادة التسميد الآزوتى الذى يحفز النمو الخضرى الغزير. هذا.. وتتباين الأصناف فى مدى حساسيتها للظاهرة (Dale & Mackay ١٩٩٤).

تظهر أعراض التحلل الحرارى — وتحلل الجفاف — الداخلى Internal Heat and Drought Necrosis عند تعرض الدرنات — وهى ما زالت فى الحقل — لحرارة شديدة الارتفاع مع جفاف التربة؛ حيث تأخذ الحلقة الوعائية لونًا ذهبيًا مصفرًا، أو رماديًّا. ولا تظهر لهذه الحالة أعراض خارجية على الدرنات أو النباتات — عادة — باستثناء احتمال ظهور ذبول على النموات الخضرية فى ظروف الجفاف الشديد.

ويجب ألا تختلط أعراض هذا العيب الفسيولوجى بأعراض البقع المتحللة، أو البقع الحلقية المتحللة التى تُحدثها الإصابة ببعض الفيروسات. فمثلاً.. تُحدث الإصابة بفيرس التفاف أوراق البطاطس تحللاً شبكيًّا net necrosis، بينما تُحدث الإصابة بفيرس potato rattle، أو موب توب mop top حلقات متحللة.

وتتباين أعراض الإصابة بالتبقع البنى الداخلى من مجرد أجزاء صغيرة متناثرة (flecks) إلى مساحات أكبر ذات حواف محددة يكون لونها رصاصيًّا فاتحاً، أو بنيًّا

داكنًا ضاربًا إلى الاصفرار، أو إلى الاحمرار. وقد تصبح فى الحالات الشديدة بلون بنى داكن أو أسود. وتكون الأنسجة المصابة صلبة، ولا تنهار أو تتعفن، وتبقى صلبة بعد الطهى. وتبدأ هذه الأعراض بترسيب السيوبرين فى خلايا النخاع البرانشيمية، ثم تتكون طبقات من خلايا شبه فلينية حول المناطق المصابة. هذا.. ولا تظهر أية أعراض خارجية على الدرنات المصابة.

وبخلاف حالة التحلل الحرارى التى لا تظهر فيها البقع المتحللة إلا فى الحلقة الوعائية، فإن أعراض التبقع البنى الداخلى قد تظهر فى أى جزء من الدرنة المصابة.

وعلى الرغم من ظهور البقع المتحللة فى أى جزء من النسيج الداخلى للدرنات المصابة بالتبقع البنى الداخلى، إلا أنها تتركز فى النسيج البرانشيمى الذى يلى الحلقة الوعائية من الداخل. ولا يصاحب التبقع البنى الداخلى — عادة — أعراض خارجية على الدرنات المصابة، كما لا تظهر أية أعراض على النباتات ذاتها.

العوامل المؤثرة فى حالة التبقع البنى الداخلى والتحلل الحرارى الداخلى

تزداد حدة الإصابة بالتبقع البنى الداخلى فى الظروف التالية:

١- فى الجو الحار الجاف وفى الأراضى الرملية؛ مقارنةً بالجو المعتدل والأراضى الطميية.

٢- فى الدرنات التى تحصد من نباتات لم تجف نمواتها الخضرية؛ مقارنة بتلك التى تحصد من نباتات جفت نمواتها الخضرية.

٣- أمكن إحداث أعراض مماثلة لأعراض التبقع البنى الداخلى بتعريض النباتات النامية فى المزارع المائية لنقص فى عنصر الكالسيوم، إلا انه لم يمكن أبدًا معالجة هذه الحالة — تحت ظروف الحقل بالتسميد بالكالسيوم.

٤- تساعد حرارة التخزين العالية على زيادة سرعة التحولات الكيميائية الحيوية

والفسيولوجية، ومن ثم زيادة سرعة ظهور الأعراض فى الدرنات التى تكون قد تهيأت لظهور الأعراض فيها قبل الحصاد.

٥- كذلك تزداد حدة الأعراض أثناء التخزين فى الدرنات التى لا تكون مكتملة التكوين عند الحصاد (عن Hiller وآخرين ١٩٨٥).

وتزداد حدة الإصابة بالتحلل الحرارى الداخلى فى الظروف التالية:

١- عندما يسود الجو حرارة عالية تحفز على النمو النباتى السريع بعد فترة من توقف النمو.

٢- عندما تستخدم الأصناف الحساسة للحرارة العالية فى الزراعة؛ مثل الصنف القديم أران بانر الذى يعد من أشدّ الأصناف حساسية للإصابة بهذا العيب الفسيولوجى.

٣- عند ترك الدرنات فى الحقل دون حصاد بعد موت النموات الخضرية، فى ظروف ارتفاع درجة الحرارة مع جفاف التربة.

٤- عند نقص عنصر الكالسيوم.

٥- تزداد الإصابة فى الدرنات القريبة من سطح التربة، وتقل تدريجيًّا فى الدرنات التى تليها.

٦- كما تزداد الإصابة فى الدرنات الكبيرة الحجم عن الدرنات الصغيرة.

٧- يكون محصول العروة الصيفية — التى تنضج درناتها فى الجو الحار — أكثر عرضةً للإصابة عن محصول العروة الخريفية التى تنضج درناتها فى حرارة منخفضة نسبيًّا.

هذا.. وتبقى الإصابة كما هى دون زيادة بعد الحصاد.

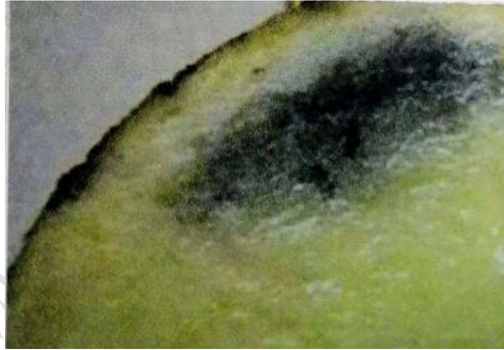
ولتجنب هذه الحالة يوصى بزراعة الأصناف الأقل حساسية للحرارة المرتفعة؛ مثل ترايمف Triumph، ورد واربا Red Warba، وكِنيبك Kennebec، كما ينصح بتشجيع النمو الخضرى القوى الذى يظلل التربة بشكل جيد، مع تجنب ترك الدرنات لفترة طويلة دون حصادٍ بعد جفاف أوراق النباتات. كما يوصى بتوفير رطوبة أرضية

مناسبة خلال الفترات الحارة، مع الاهتمام بالتسميد بالكالسيوم والعناصر السمادية الأخرى (عن Stark وآخرين ٢٠١٧).

التبقع الأسود الداخلى

يؤدى تعرض الدرنات لضغوط كبيرة أثناء الحصاد والتداول والنقل إلى حدوث تمزق بالأغشية الخلوية؛ مما يؤدى إلى اختلاط محتويات الخلية وتفاعلها معًا، لتكون صبغة الميلانين السوداء المسئولة عن التغير اللونى.

يحدث التغير اللونى تحت جلد الدرنة؛ فلا توجد أعراض خارجية (شكل ٩-١٠)، كما أنه لا يحدث إلاّ بعد نحو ١٢-٢٤ ساعة من حدوث الضرر فلا يمكن اكتشافه مبكرًا. تأخذ المنطقة المتأثرة فى البداية لونًا ورديًّا لا يلبث أن يتحول إلى البنى الضارب للحمرة، ثم إلى أسود رمادى، مع بدء تكون صبغة الميلانين.



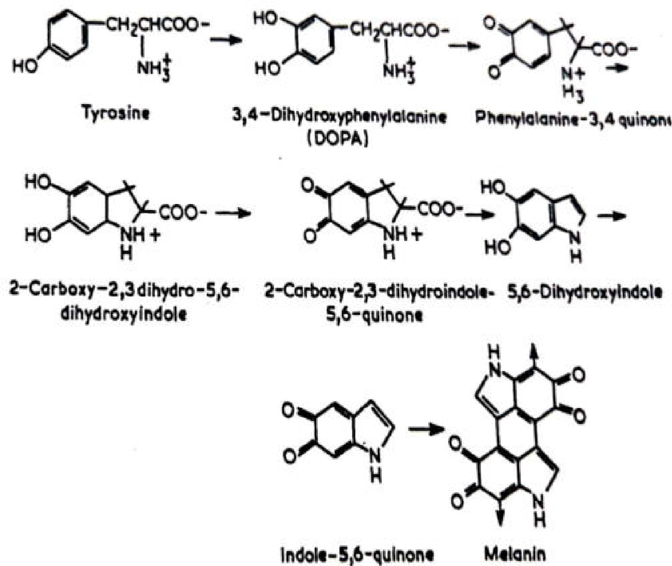
شكل (٩-١٠): أعراض التبقع الأسود الداخلى.

لا تظهر أعراض التبقع الأسود الداخلى - عادة — إلا عند تداول الدرنات بعد إخراجها من المخازن. وهى تبدأ بانهيار الخلايا فى منطقة النسيج الوعائى التى تقع تحت جلد الدرنة بمسافة قصيرة، يتراوح عمقها بين ١,٥ مم و٨ مم، وتظهر مناطق دائرية ذات لون رمادى ضارب إلى الزرقة، أو قد تكون أحيانًا بنية اللون. ويزداد ظهور هذه الأعراض فى طرف الدرنة القاعدى، وتقل بالاتجاه نحو الطرف القمى.

ويبدأ ظهور الأعراض بعد يوم واحد إلى ثلاثة أيام من تعرض الدرنات للضغوط التى تُحدث بها جروحًا داخلية؛ لذا تسمى هذه الحالة أيضًا باسم التجريح الداخلى أو بقع الخدوش السوداء. هذا .. ولا تصاحب هذه الأعراض الداخلية أية أعراض خارجية.

وتتكون الصبغات التى توجد فى البقع السوداء نتيجة لتأكسد مواد فينولية؛ مثل: التيروزين tyrosine، وربما حامض الكلوروجينك chlorogenic acid بفعل إنزيم الفينوليز phenolase. وتتكون صبغات مختلفة أثناء سلسلة التفاعلات؛ منها اللونان البنى والأحمر. وتنتهى التفاعلات بتكوين صبغة الميلانين melanin السوداء (شكل ٩-١١). وتحدث التفاعلات المؤدية إلى إنتاج هذه الصبغات فى الخلايا التى بدأت فى التحلل بالفعل (Stevens & Davelaar ١٩٩٦).

وتعتبر معظم أصناف البطاطس التى ترتفع فيها نسبة المادة الجافة — وهى الأصناف التى تصلح لصناعة الشبس — شديدة الحساسية لهذه الظاهرة. كذلك تزداد فرصة حدوث الإصابة فى الدرنات التى تتعرض للإصابات الميكانيكية وهى باردة، مقارنة بتلك التى تتعرض للإصابات وهى دافئة.



شكل (٩-١١): تكوّن صبغة الميلانين من التيروزين.

ويُعتقد بأن التيروزين tyrosine – الذى ينتج عن تحلل البروتين – يمكن أن يكون مسئولاً عن الزيادة فى قابلية درنات البطاطس للإصابة بالبقع السوداء التى تظهر جراء الأضرار الميكانيكية أثناء التخزين البارد. وأيًّا كانت شدة قابلية الصنف للإصابة بالبقع السوداء، فإن طبقة الخلايا التى توجد تحت بشرة الدرنة تكون أكثر قدرة على تكوين الصبغة السوداء عن قدرة الخلايا البرانشيمية الداخلية (Kim & Dean ١٩٩٨).

يُعد توفر التيروزين tyrosine الحر العامل الأساسى لتمثيل الصبغات السوداء التى تظهر فى البقع السوداء بدرنات البطاطس، ولا يُعد إنزيم الـ catechol oxidase عاملاً محدِّدًا لتمثيل تلك الصبغات، حتى ولو كان نشاطه منخفضًا (Stevens & Davelaar ١٩٩٧).

وتتضمن عملية تكوين البقع السوداء فى درنات البطاطس دخول كل من التيروزين tyrosine، والسيستين cysteine فى تكوين الصبغات البروتينية من خلال مسار تكوين الصبغات الميلانينية melanogensis الذى ينظمه إنزيم الـ catechol oxidase (Stevens وآخرون ١٩٩٨).

العوامل التى تهيئ الدرنات للإصابة

إن من أهم العوامل التى تهيئ الدرنات للإصابة بالتبقع الأسود الداخلى ما يلى:

١– الجروح والضغوط التى تتعرض لها الدرنات:

فلا تظهر هذه الحالة فى الدرنات التى تعرضت لضغوط تكفى لإحداث جروح داخلية فيها دون التأثير على جلد الدرنة، وخاصة عند تداول الدرنات وهى ما زالت باردة. وقد يحدث ذلك أثناء التخزين أو بعده.

٢– حساسية الصنف:

تختلف الأصناف فى مدى حساسيتها للإصابة بالتبقع الأسود الداخلى (Horneburg & Wirsing ١٩٩٥أ)؛ فبينما يعد الصنف بونتياك – مثلاً – مقاومًا، يعد الصنفان تيتون

Teton، وأونتاريو Ontario شديدى القابلية للإصابة. كذلك يُعد الصنف TXA 763-5 شديد المقاومة، والصنف Russet Burbank قابل للإصابة، والصنف Ranger Russet شديد القابلية للإصابة (McNabnay وآخرون ١٩٩٩). وترتبط التباينات فى الحساسية للإصابة بالتباينات فى صفات الدرنات.

وقد وُجد فى ثلاثة أصناف من البطاطس أن إصابة الدرنات بالتبقع البنى الداخلى تزداد مع زيادة كل من حجم الدرنة وخشونة الجلد، وكان الارتباط جوهريًّا وقويًّا بين خشونة الجلد — الذى يحدث فى ظروف النمو غير المناسبة — والإصابة بالتبقع البنى الداخلى (Raimo وأخرون ٢٠١٨).

كما تزداد حساسية درنات البطاطس للإصابة بالخدوش وأضرار الضغوط والصدمات عليها بزيادة كثافتها النوعية (Baritelle & Hyde ٢٠٠٣).

٣– فقدان الدرنات لجزءٍ من رطوبتها أثناء النمو أو التخزين:

تشتد الإصابة فى الدرنات الذابلة جزئيًّا؛ الأمر الذى يحدث أحيانًا فى المناطق الحارة عند تعرض الحقل لظروف الجفاف، كما قد يحدث أثناء التخزين بسبب فقد الدرنات لجزء من رطوبتها. وتصبح الأنسجة الداخلية لهذه الدرنات الذابلة جزئيًّا أكثر حساسية لأية ضغوط خارجية؛ ويعنى هذا العامل أن تعرض الدرنات المخزنة لأية ظروف تؤدى إلى فقد الرطوبة يؤدى إلى تهيئتها للإصابة، ومن أهم هذه الظروف: درجة الحرارة العالية، والرطوبة النسبية المنخفضة، والتخزين لفترات طويلة.

هذا.. إلا أن الدرنات الشديدة الذبول تكون أقل عرضة للإصابة بهذا العيب الفسيولوجى.

٤– درجة حرارة الدرنات أثناء تعرضها للضغوط:

تزداد حساسية درنات البطاطس للإصابة بالجروح الداخلية — أثناء تعرضها للضغوط — كلما انخفضت درجة حرارتها.

٥- مستويات الأسمدة الآزوتية والبوتاسية:

يؤدى التسميد الآزوتى الغزير، أو نقص البوتاسيوم إلى تهيئة الدرنات للإصابة، ومما تجد الإشارة إليه أن نقص البوتاسيوم يرتبط بزيادة محتوى الدرنات من المركبات الفينولية ذات العلاقة بالتغيرات فى اللون. أما الفوسفور والكالسيوم فليست لهما علاقة بالإصابة.

وقد وجد Horneburg & Wirsing (١٩٩٥ ب) أن الحد من الإصابة يتطلب تسميدًا عضويًا وبوتاسيًا جيدين، وتسميدًا آزوتيًا محدودًا. كما وُجِدَ أن زيادة التسميد البوتاسى أدت إلى نقص محتوى الدرنات من التيروزين والفينولات الكلية، مع نقص فى إصابتها بالتبقع الأسود الداخلى.

٦- الرطوبة الأرضية:

يؤدى نقص الرطوبة الأرضية إلى تهيئة الدرنات للإصابة؛ بسبب تعرضها للذبول الجزئى فى هذه الظروف التى يمكن فيها للنموات الخضرية أن تسحب بعض احتياجاتها من الرطوبة من الدرنات ذاتها.

ولقد وُجد ارتباط موجب بين ظروف الجفاف خلال فترة النمو النباتى والإصابة بأضرار البقع السوداء، ولم يكن لحرارة التخزين تأثيرًا فى هذا الشأن (Grudzińska & Mańkowski ٢٠١٩).

٧- نضج الدرنات:

تعتبر الدرنات الناضجة أكثر قابليةً للإصابة من الدرنات غير الناضجة. وأفضل وسيلة لخفض نسبة الإصابة بهذه الحالة الفسيولوجية هى برفع حرارة الدرنات المخزنة إلى ٢٠ °م قبل تدريجها أو تداولها لأى سبب كان، كما أن تداول الدرنات وهى كاملة المحتوى الرطوبى يقلل من الإصابات بالتبقع الأسود الداخلى، إلا أنه يزيد الإصابة بالتشققات الخارجية (Gray & Hughes ١٩٧٨).

ولقد وُجد أن درنات البطاطس ذات الخلايا الصغيرة الحجم فى منطقة الـ primedullary كانت أكثر قابلية للإصابة بأضرار البقع السوداء، مقارنة بالدرنات ذات الخلايا الأكبر حجمًا والتى خزنت لمدة ستة شهور (Gancarz ٢٠١٦).

وعمومًا.. فإن العوامل التى تناسب حدوث هذه الظاهرة تتضمن حجم الدرنات الكبير، وعدم امتلائها بالرطوبة أو ارتفاع كثافتها النوعية، وفقرها فى البوتاسيوم، وانحناء الدرنات جوهريًّا، والتقدم الفسيولوجى فى العمر، فتتباين الأصناف كثيرًا فى قابليتها للإصابة بهذا العيب الفسيولوجى بسبب اختلاف درناتها فى الشكل والتركيب الكيميائى (Stark وآخرون ٢٠١٧).

٨- حرارة التخزين:

أظهرت الدرنات التى خُزنت على ٥ ْم لمدة سبعة أشهر قدرًا أقل من القابلية للإصابة بالأضرار مقارنة بتلك التى خزنت على ٨ ْم، وكانت أعلى درجة من القابلية للإصابة بأضرار البقع السوداء blackspot فى الدرنات التى خُزنت على ٨ ْم (Grudzińska & Barbaś ٢٠١٧).

التغيرات الداخلية المؤثرة فى الإصابة

يوجد ارتباط عال (r = ٠,٩٠) بين محتوى الدرنات من التيروزين الحر وقابليتها للإصابة بالتبقع الأسود الداخلى، وهذا المحتوى صفة وراثية يختلف باختلاف الأصناف ويتأثر بالعوامل البيئية، ولكن جميع الأصناف تحتوى درناتها على تيروزين حر، ولا تظهر المقاومة إلا إذا انخفض محتوى الدرنات من التيروزين الحر عن ٤ ميكرومولات/جم من الوزن الجاف؛ ولهذا السبب فإن جميع أصناف البطاطس تعد عرضةً للإصابة بهذا العيب الفسيولوجى، ولكن معدلات الإصابة تتباين فيما بينها، كما تتأثر بمختلف الظروف البيئية.

وقد تبين أن الطرف القمى للدرنة — وهو الأقل تعرضًا للإصابة بالتبقع الأسود الداخلى — أقل محتوى من التيروزين الحر عن الطرف القاعدى.

كذلك وجد ارتباط معنوى سالب وعالٍ (R تراوحت بين -٠,٨٥ و -٠,٩٧) بين محتوى الدرنات من التيروزين الحر ومحتواها من التيروزين المرتبط فى البروتين. وقد ترتب على ذلك عدم وجود اختلافات معنوية بين الأصناف فى محتوى درناتها من التيروزين الكلى، والذى بلغ فى المتوسط حوالى ٢٦ ميكرومولاً بكل جرام من الوزن الجاف؛ ومن ثم عدم ارتباط محتوى الدرنات الكلى من التيروزين بقابليتها للإصابة بالتبقع الأسود الداخلى.

كما لم توجد أية علاقة بين محتوى الدرنات من الفينولات الأخرى غير التيروزين وإصابتها بالتبقع الأسود الداخلى (Corsini وآخرون ١٩٩٢)؛ بما فى ذلك حامض الكلوروجِنك Chlorogenic Acid (عن Sabba & Dean ١٩٩٤).

كذلك ارتبطت القابلية للإصابة بالتبقع الأسود الداخلى بنشاط إنزيم البروتينيز فى خمسة أصناف من البطاطس؛ الأمر الذى يفيد احتمال اعتماد القابلية للإصابة على مستويات البروتينيز — الذى يعمل على تمثيل البروتينات — وليس على تمثيل التيروزين ذاته (Sabba & Dean ١٩٩٤).

وقد وجد أن بعض أصناف البطاطس تزداد قابلية درناتها للإصابة بالتبقع الأسود الداخلى أثناء تخزينها على ٣°م لمدة ثمانية أشهر، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى نشاط إنزيمات معينة فى هذه الأصناف؛ هى إنزيمات: إندوبتديز endopeptidase، وأمينو ببتديز aminopeptidase، وكوريزميت ميوتيز chorismate mutase؛ مما يفيد احتمال مسئولية هذه الإنزيمات عن زيادة مستويات بادئ الميلانين التيروزين الذى يرتبط بالتخزين البارد للدرنات (Sabba & Dean ١٩٩٦).

وسائل الوقاية من الإصابة

للوقاية من الإصابة بالتبقع الأسود الداخلى فى درنات البطاطس تجب مراعاة ما يلى:

١- تجنب كافة العوامل التى تتعرض لها الدرنات — قبل الحصاد وبعده — والتى تجعلها أكثر قابلية للإصابة، وخاصة العوامل التى تؤدى إلى فقد الدرنات لجزءٍ من رطوبتها.

٢- تداول الدرنات بحرص تام أثناء الحصاد وبعده؛ لكى لا تحدث بها الكدمات التى تؤدى إلى ظهور أعراض الإصابة.

ولتحقيق ذلك.. تتعين مراعاة ما يلى:

أ- زراعة الأصناف الأقل قابلية للإصابة.

ب- الاهتمام بعمليات الخدمة الزراعية، وخاصة التسميد، والرى، ومكافحة الأمراض والآفات؛ لأجل استمرار النمو الخضرى بحالة جيدة حتى الحصاد، مع إعطاء عناية خاصة للتسميد البوتاسى.

٣- تراعى عند الحصاد الأمور التالية:

أ- توفير رطوبة أرضية بالقدر المناسب؛ فالتربة يجب أن تكون رطبة جزئيًّا، ولكن سهلة التفتت عند الحصاد، علمًا بأن جفاف التربة عند الحصاد يزيد كثيرًا من إصابة الدرنات ومن قابليتها للإصابة.

ب- قتل النموات إما ميكانيكيًّا، وإما كيميائيًّا قبل الحصاد، مع التأكد من أن جلد الدرنات لا تسهل إزالته.

ج- عدم إجراء الحصاد إلا بعد ارتفاع درجة الحرارة الداخلية للدرنات عن ٨ °م، ويتطلب ذلك أحيانًا إما تأجيل الحصاد ليوم آخر، وإما تأخيره إلى أن ترتفع الحرارة ظهرًا.

د- تبطين كافة الأسطح التى تتلامس معها البطاطس فى معدات الحصاد والتداول، وضبط سرعة التشغيل فى جميع الأجهزة، وخفض الارتفاعات التى تسقط منها الدرنات أثناء تداولها إلى ١٥ سم كحدٍ أقصى؛ وذلك لأجل منع حدوث الكدمات بالدرنات أو تقليل هذه الكدمات.

هـ - عدم تداول الدرنات إلا بعد ارتفاع حرارتها عن ٨ °م (عن Hiller وآخرين ١٩٨٥).

المركز البنى

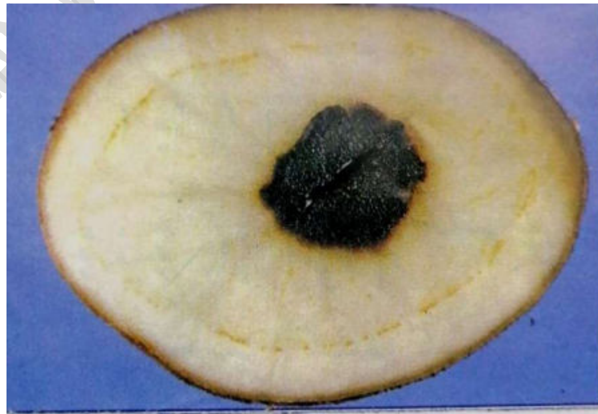
تتميز ظاهرة المركز البنى brown center بظهور تلون بنى فى مركز الدرنة فى منطقة النخاع، وليس من الضرورى أن يتبعه ظهور القلب الأجوف hollow heart، لكنه يعتبر حالة معتدلة من القلب الأجوف، وقد يكون بداية للإصابة بالقلب الأجوف.

ومن العوامل التى تتسبب فى تلك الظاهرة انخفاض الحرارة لأقل من ١٣ °م لمدة ٥–٧ أيام خلال المراحل المبكرة من تكوين الدرنة (مرحلة تنشئة الدرنات)، وزيادة الرطوبة الأرضية عن ٨٠٪ وزيادة النيتروجين الميسر للامتصاص (Stark وآخرون ٢٠١٧). كما يُعد معدل نمو الدرنة عاملاً هامًّا يؤثر فى الظاهرة، التى يمكن أن تحدث فى كل من الدرنات الكبيرة والصغيرة على حدٍ سواء (Dale & Mackay ١٩٩٤).

القلب الأسود

أعراض الإصابة

تظهر حالة القلب الأسود Black Heart على شكل تغير فى لون الأنسجة الداخلية للدرنة، وانهيار هذه الأنسجة نتيجة لنقص الأكسجين اللازم لتنفسها، مع تلف الأغشية الخلوية بهذه الأنسجة. ويتغير لون الأنسجة المصابة فى البداية إلى اللون الوردى، ثم يتحول إلى اللون الرصاصى، فالبنى، فالأسود. وقد تمتد تفرعات داخلية من التلون حتى العيون. ويوجد — عادة — حد فاصل بين الأنسجة المصابة والسليمة، ويكون النسيج المصاب صلبًا، لكنه قد يصبح رخوًا عند تعرض الدرنة لدرجة حرارة مرتفعة نسبيًّا. وقد يجف النسيج المصاب وينكمش تاركًا وراءه فراغات صغيرة عند امتداد التخزين لفترات طويلة (شكل ٩–١٢).



شكل (٩–١٢): أعراض القلب الأجوف.

وقد تكون المنطقة المتأثرة بالقلب الأسود كبيرةً ومتفرعةً، وقد تمتد من مركز الدرنة إلى قريب من سطحها. وعندما تتكون فجوات فى موقع الأنسجة المتأثرة – بعد جفافها – فإنها لا تكون مبطنةً بطبقة من بيريدرم الجروح؛ الأمر الذى يعرضها للإصابة بالبكتيريا المسببة للأعفان.

وعلى الرغم من أن القلب الأسود يعد من العيوب الفسيولوجية التى تظهر أساسًا أثناء التخزين، إلا أنه قد يظهر — أحيانًا — على الدرنات قبل حصادها، ويحدث ذلك فى التربة الغدقة التى لا يتوفر فيها الأكسجين اللازم لتنفس أنسجة الدرنة.

ويحدث التلون الأسود الداخلى فى ظروف نقص الأكسجين وزيادة ثانى أكسيد الكربون — وما يصاحب ذلك من تلفٍ للأغشية الخلوية — بسبب بطء عملية التنفس؛ الأمر الذى يؤدى إلى تحرر الأكسجين لأكسدة التيروزين بواسطة إنزيم البولى فينوليز polyphenolase (الذى تناسبه حرارة ٤٠ْم) وينتج من هذا التفاعل تَكَوُّن الميلانين melanin ذى اللون الأسود.

العوامل المؤثرة على حالة القلب الأسود

تتوقف شدة ظهور حالة القلب الأسود على العوامل الآتية:

مدى توفر الأكسجين فى هواء المخزن

يعتبر نقص الأكسجين أهم العوامل التى تتسبب فى ظهور حالة القلب الأسود. ويحدث النقص فى الأكسجين فى الحالات الآتية:

١– عندما تكون التهوية رديئة فى المخازن؛ حيث يستهلك الأكسجين سريعًا فى تنفس الدرنات.

٢– عند ارتفاع درجة الحرارة؛ حيث يزداد معدل التنفس، وتزداد تبعًا لذلك سرعة استهلاك الأكسجين.

٣– عند تخزين الدرنات فى طبقات سميكة؛ مما يؤدى إلى سوء التهوية فيما

بينها؛ ولذا يوصى بعدم زيادة سمك طبقة الدرنات المخزنة عن ٩٠ سم عند ارتفاع الحرارة عن ٢٠ ْم، أو أن تتم تهوية الدرنات بطريقة الدفع الجبرى للهواء من خلالها.

درجة حرارة التخزين

يؤدى تخزين الدرنات فى حرارة مرتفعة إلى زيادة معدل تنفسها بدرجة كبيرة؛ مما يؤدى إلى ظهور أعراض القلب الأسود بها، حتى لو كانت المخازن غير مغلقة؛ لأن الأنسجة الخارجية للدرنات تنافس الأنسجة الداخلية على الأكسجين اللازم للتنفس تحت هذه الظروف. وتقل شدة الأعراض، كما تزيد الفترة اللازمة لظهورها بانخفاض الحرارة من ٤٠ ْم إلى ٥ ْم، لكن الأعراض يزداد ظهورها مع استمرار الانخفاض فى الحرارة إلى ما بين صفر و ٢,٥ ْ، كما يظهر المرض فى الحرارة الشديدة الانخفاض (صفر ْم أو أقل قليلاً)، والشديدة الارتفاع (٣٦ ْم — ٤٠ ْم)، حتى مع توفر الأكسجين فى المخازن؛ بسبب عدم نفاذيته خلال أنسجة الدرنة بالسرعة الكافية لإمداد الأنسجة التى توجد فى مركز الدرنة بحاجتها منه.

وتجدر الإشارة إلى أن معدل تنفس الدرنات الحديثة الحصاد فى حرارة ٣٥ ْم يكون أربعة أمثال معدل تنفسها فى حرارة ٢٠ ْم. ويؤدى تعرض الدرنات للتجريح إلى زيادة معدلات تنفسها بدرجة أكبر، علمًا بأن فرصة التجريح تزداد كثيرًا عند حصاد الدرنات وهى غير مكتملة التكوين.

كذلك تزداد فرصة ظهور حالة القلب الأسود عند إخراج الدرنات المخزنة على حرارة ٤ ْم من المخازن المبردة، وتعريضها لحرارة عالية بصورة فجائية.

حجم الدرنات

يزداد ظهور حالة القلب الأسود فى الدرنات الكبيرة الحجم، عما فى الدرنات الصغيرة للأسباب التالية:

١– تقل نسبة سطح الدرنة إلى وزنها مع زيادة الدرنة فى الحجم. وحيث إن الأكسجين ينفذ إلى الدرنة من سطحها الخارجى؛ لذا تقل كمية الأكسجين التى يمكن أن تصل إلى كل وحدة وزن من الدرنة مع زيادتها فى الحجم.

٢- تزداد المسافة بين سطح الدرنة ومركزها كلما ازدادت فى الحجم؛ ويعنى ذلك زيادة المسافة التى يتعين على الأكسجين أن ينفذ منها للوصول إلى الأنسجة الداخلية. وربما لا يحدث ذلك بالسرعة اللازمة للتنفس فى الحرارة العالية.

٣- تستهلك الأنسجة الخارجية من الدرنات الكبيرة الحجم جزءًا كبيرًا من الأكسجين الذى يمر من خلالها قبل أن يصل إلى الأنسجة الداخلية. وتزداد حدة هذه الحالة فى الحرارة العالية (Burton ١٩٤٨).

وعلى الرغم من أن جلد الدرنة يمثل عائقًا كبيرًا أمام تبادل الغازات، وأن لب الدرنة يمثل عائقًا كبيرًا نظرًا لصغر المسافات البينية بين خلاياه.. على الرغم من ذلك، فإن تبادل الغازات يتم بصورة كافية لاستمرار التنفس الهوائى فى أنسجة الدرنة الداخلية إذا توافرت شروط التخزين الجيدة من حرارة وتهوية (Abdul-Baki & Solomos ١٩٩٤).

التلون البنى الإنزيمى

يظهر التلون البنى الإنزيمى enzymic browning فى البطاطس المقشرة أو المقطوعة، وفى الدرنات التى تعرضت لخدوش خارجية أو داخلية بسبب الأضرار الميكانيكية. يحدث هذا التلون البنى جراء أكسدة التيروزين tyrosine والفينولات الـ orthodihydric الأخرى بواسطة إنزيم البولى فينول أوكسيديز. يكون أكسدة التيروزين مقدمة لتكوين صبغة الميلانين الداكنة أو السوداء.

وبينما تنتهى سلسلة التفاعلات التى تعقب أكسدة التيروزين بتكوين صبغة الميلانين السوداء، فإن المواد التى تتكون عقب تأكسد حامض الكلوروجنك تكون أقل دكنة. ويعتبر تركيز التيروزين هو العامل الذى يتحكم فى درجة التلون البنى الإنزيمى.

وعلى الرغم من أن التلون البنى الإنزيمى يعتبر صفة وراثية، وتنخفض معدلاته فى أصناف البطاطس الحديثة، إلا أن توفر عنصر البوتاسيوم والكلور يحد من الظاهرة.

وللتحكم فى التلون البنى الإنزيمى يلجأ مُصَنَّعى منتجات البطاطس إلى عدد من الطرق الكيميائية التى تثبط نشاط إنزيم البولى فينول أوكسيديز بتعديل الـ pH، أو بإضافة مواد

خالبة، أو بإضافة مواد مُختزِلَة، أو — غالبًا — باستعمال مركبات الداى سلفايدز disulphides أو السلفاهيدرل sulph-hydryl، وهى الأكفأ فى منع التلون البنى الإنزيمى.

يؤثر عدد من العوامل البيئية فى شدة التلون البنى الإنزيمى الملاحظ؛ فقد لوحظت — مثلاً — علاقة جيدة بين شدة هطول الأمطار وكمية التيروزين بالدرنات. ولقد أوصى باستبعاد السلالات الخضرية ذات المحتوى العالى من التيروزين فى برامج التربية (Dale & Mackay ١٩٩٤).

التلون البنى غير الإنزيمى

طبيعة الظاهرة

ترتبط ظاهرة التلون البنى غير الإنزيمى — بصورة مباشرة — بتركيز السكريات المختزلة فى الدرنات. وعلى الرغم من أن السكريات لا تشكل أكثر من ٣٪ من المادة الجافة بالدرنات، إلا أنها ذات أهمية كبيرة؛ نظرًا لتسببها (حتى وهى بهذا التركيز المنخفض) فى تلون الشبس والبطاطس المحمرة أثناء قليهما باللون البنى.

وهذا التلون غير الإنزيمى non-enzymic browning يوجد منه نوعان: التكرمل caramelization، وما يسمى بتفاعل ميلارد Maillard reaction.

ويرجع معظم التلون البنى غير الإنزيمى إلى تفاعل ميلارد الذى يحدث بسرعة فى درجة حرارة القلى (١٦٥–١٧٠ ْم) فى وجود الأحماض الأمينية. وعلى الرغم من أن هذا التفاعل لا يتم إلا فى وجود هذه الأحماض الأمينية، فإن تركيزها غير مؤثر؛ لأنها توجد بوفرة؛ ولذا.. فإن معدل التفاعل يتحدد أساسًا بتركيز السكريات المختزلة (الجلوكوز والفراكتوز) فى الدرنات.

وتتراوح تقديرات معامل الارتباط بين التلون البنى والسكريات المختزلة من ٠,٣٢ إلى ٠,٩٩. ويجب ألا يزيد تركيز السكريات المختزلة على ٠,٣٥٪ (على أساس الوزن الطازج)؛ حتى لا يظهر التلون البنى عند القلى، كما يجب ألا يزيد التركيز على ٠,٢٪ فى الدرنات المخصصة لصناعة الشبس.

العوامل المؤثرة فى الظاهرة

تتأثر شدة التلون البنى غير الإنزيمى — كما أسلفنا — بمحتوى الدرنات من السكريات؛ ولذا.. فإن جميع العوامل التى تؤثر فى نسبة السكريات فى الدرنات تؤثر بدورها فى شدة إصابتها؛ وهى كما يلى:

١– عمر الدرنة:

فتكون النسبة عالية، وتصل إلى ٠,٧٥٪–١,٥٪ على أساس الوزن الطازج فى بداية تكوين الدرنات، ثم تنخفض تدريجيًّا مع النضج.

٢– درجة الحرارة:

فتزيد نسبة السكريات كلما انخفضت درجة الحرارة قبل الحصاد وأثناء التخزين؛ حيث تؤثر الحرارة على التحولات ما بين النشا والسكريات من جهة، وبين السكروز والسكريات المختزلة من جهة أخرى؛ فمثلاً.. يؤدى ارتفاع الحرارة من ٢ ْم إلى ٤ ْم إلى نقص محتوى الدرنات من السكروز بدرجة أكبر بكثير من تأثير ذلك على السكريات المختزلة. وللمحافظة على مستوى منخفض من السكريات المختزلة فى الدرنات، يجب أن تبقى حرارة التخزين أعلى من ٨ — ١٠ ْم. وإذا حدث وخزنت البطاطس فى حرارة منخفضة وارتفعت فيها نسبة السكريات المختزلة، فإنه يتعين رفع حرارة المخزن إلى ١٥ ْم — ٢٠ ْم لفترة قبل تصنيعها، يتم خلالها استهلاك جزء من السكريات فى التنفس، وتحول معظمها إلى نشا، وهى العملية التى تعرف باسم إعادة التهيئة Reconditioning.

٣– نمو البراعم:

تحدث زيادة بسيطة فى نسبة السكريات عند بداية نمو البراعم؛ وذلك بعد انتهاء حالة السكون مع توفر ظروف مناسبة لإنبات البراعم. ولكن إذا أوقف نمو هذه البراعم — سواء أحدث ذلك باستعمال مثبطات التبرعم، أم بإزالة البراعم ذاتها — فإن هذه الزيادة البسيطة التى حدثت فى محتوى الدرنات من السكريات سوف تستهلك خلال فترة التخزين التالية.

٤- دخول الدرنات فى مرحلة الشيخوخة:

عندما تخزن الدرنات فترات طويلة جدًّا فى حرارة منخفضة، فإنها تدخل مرحلة الشيخوخة senescence وهى تحتوى على تركيزات عالية من السكريات التى تكون قد تراكمت خلال فترة التخزين فى الحرارة المنخفضة، وتلك الزيادة لا يمكن التخلص منها بتعريض الدرنات لحرارة عالية؛ ذلك لأن الدرنات التى تدخل مرحلة الشيخوخة ينخفض فيها معدل جميع التفاعلات الأيضية، بما فى ذلك تحول السكر المتراكم إلى نشا، وكذلك عملية التنفس — ذاتها — التى تُستهلَك فيها السكريات المتراكمة.

مستوى الأكريميلايد فى منتجات البطاطس المحمرة

يتعين خفض محتوى الأكريميلايد acrylamide فى البطاطس المحمرة لما قد يكون له من دور كعامل مُسرطن. ويتحقق ذلك بالانتخاب للمحتوى المنخفض عند التربية، وتجنب العوامل التى تزيد من محتوى الجلوكوز فى الدرنات عند التخزين؛ إذ إن العلاقة جوهرية بين لون الشبس ومحتوى الأكريميلايد ومحتوى الجلوكوز. ويمكن خفض الأكريميلايد فى منتجات البطاطس المحمرة باستعمال أصناف منخفضة المحتوى من السكريات المختزلة، والتحكم فى التسميد الآزوتى لإعطاء أعلى محصول بجودة عالية، مع تجنب حالات الشدِّ البيئى (Sun وآخرون ٢٠١٨).

التلون الأسود بعد الطهى

يظهر أحيانًا لون أسود فى البطاطس المحمرة (after-cooking blackening)، خاصة بعد الغلى فى الماء، كما يظهر أيضًا فى البطاطس المحمرة المحفوظة بالتجمد، وفى البطاطس المعلبة والمجففة؛ وهذا التلون غير إنزيمى، ويرجع إلى تكون صبغة معقدة أثناء الطهى تتركب من كلٍ من حامض الكلوروجِنك، والحديد. وتتأكسد هذه المادة بعد أن تبرد البطاطس وتتعرض للهواء؛ حيث تتكون مادة فِيرِّى — داى كلورجِنك — ferri dichlorogenic acid ذات اللون الرمادى الضارب للزرقة. يحدث ذلك فى بعض الأصناف لدى تعرضها للماء المغلى أو للبخار، كما قد يحدث بعد الطهى فى الفرن، أو القلى، أو

التجفيف، وعلى الرغم من عدم وجود أى تأثير لهذا التلون على الطعم أو القيمة الغذائية للدرنات، فإنه يجعل مظهرها أقل قبولاً.

ويتأثر تكوّن هذه المادة برقم الحموضة (pH)، حيث يزداد التفاعل بزيادة رقم الـ pH، وبالمركبات المخلبية chelating agents الطبيعية؛ مثل: حامض الستريك وحامض الماليك، التى تنافس حامض الكلوروجِنك على عنصر الحديد، وأكثرها فاعليةً حامض الستريك. ونظرًا لأن حامض الستريك يزداد تركيزه فى الطرف البعيد rose end للدرنة؛ لذا يقل ظهور هذا العيب الفسيولوجى فى هذا الجزء من الدرنة.

يعمل حامض الستريك على خلب الحديد بصورة أكثر كفاءة عما يحدثه حامض الكلوروجِنك. وتُعد العوامل الهامة المؤثرة فى تكوين الفِرِّى داى كلوروجِنك آسد هى مستوى حامض الكلوروجِنك ومستوى حامض الستريك فى الدرنة، وتلعب النسبة بينهما دورًا كبيرًا فى هذا الشأن فى الدرنة الواحدة وبين الأصناف.

وبينما يتباين محتوى حامض الكلوروجِنك باختلاف الأصناف، فإن مستوى حامض الستريك يتأثر بالعوامل البيئية؛ حيث ينخفض عند إنتاج البطاطس فى الأراضى الغنية بالمادة العضوية والفقيرة فى البوتاسيوم. كما تؤثر بعض الأراضى على محتوى الحديد وامتصاصه. ويزيد محتوى حامض الكلوروجِنك عند إنتاج البطاطس فى الجو البارد الرطب (Dale & Mackay ١٩٩٤).

ويعتبر البوتاسيوم من أهم العوامل المؤثرة على محتوى الدرنات من حامض الستريك، ومن ثم على ظهور التلون الأسود بعد الطهى؛ لأن محتوى الدرنات من حامض الستريك يرتبط إيجابيًّا بمحتواها من البوتاسيوم؛ ويترتب على ذلك أن يزداد ظهور اللون الأسود بزيادة التسميد بالكاتيونات الأخرى التى تنافس البوتاسيوم على الامتصاص؛ مثل: الأمونيوم.

كذلك يقل ظهور هذا العيب الفسيولوجى فى البطاطس المنتجة فى أرض باردة رطبة؛ مقارنة بتلك المنتجة فى أرضٍ دافئة جافة، وفى بعض الأصناف دون غيرها.

القطوع والخدوش

تعد القطوع cuts والخدش bruises من الأضرار الميكانيكية غير الفسيولوجية. وتحدث القطوع بواسطة آلات الحصاد. ويمكن التئام مكان القطع بسهولة أثناء إجراء عملية المعالجة. أما الخدوش، فإنها تحدث عند تكويم الدرنات بعضها فوق بعض فى طبقات سميكة، واحتكاكها ببعضها، وعند تداولها بخشونة فى أى وقت بعد الحصاد.

اكتساب درنات البطاطس طعمًا عفنًا عند معاملة التربة بأحد المبيدات الحشرية

تؤدى معاملة حقول البطاطس بالمبيد الحشرى γ–cyclohexane hexachloride (اختصارًا: CHC)– الذى يُستخدم فى مكافحة الدودة السلكية الأرضية (*Limonius agonus*) إلى إكتساب الدرنات طعم ورائحة العفن (musty). ولقد تبين أن ذلك الطعم وتلك الرائحة ترجعان إلى المركب 2,4,6-trichloranisole – الذى لا يُعرف بكونه من نواتج أيض البطاطس — وإنما يتكون — فقط — لدى معاملة التربة بالمبيد CHC؛ حيث ينطلق من المبيد عندما يترافق ذلك مع ارتفاع فى حرارة التربة (Daniels-Lake وآخرون ٢٠٠٧).

أضرار التجمد وأضرار البرودة

تُعد درنات البطاطس قليلة للإصابة بكل من أضرار التجمد freezing injury وأضرار البرودة Chilling injury. قد يحدث الضرر أثناء تواجد الدرنات فى الحقل قبل الحصاد، أو أثناء النقل، أو فى المخازن. هذا.. وإذا تعرضت الدرنات لحرارة التجمد (أقل من –٢,٢ ْم) أو البرودة (–٢,٢ إلى ١,١ ْم)، فإنه قد يظهر عليها عدة أعراض. يصعب التعرف على أضرار التجمد إذا كانت الدرنات مازالت متجمدة لأنه لا يظهر عليها أية أعراض — حينئذٍ — غير صلابة سطحها. ومع بدء التفكك من التجمد يبدأ ظهور الرطوبة الحرة (ظاهرة الـ weeping) على سطح الدرنة، ويتبع ذلك انهيار الأنسجة وتحولها إلى اللون البنى أو الرمادى أو الأسود. ويوجد — عادة — حد فاصل بين النسيج السليم والنسيج المصاب.

أما فى حالة أضرار البرودة فإن الخلايا لا تتجمد ولا تنهار الأنسجة بسرعة. لا تظهر أعراض أضرار البرودة على السطح الخارجى للدرنة لكن أنسجتها الداخلية يظهر عليها لون بنى ماهوجنى، وتتراكم فيها السكريات المختزلة، وتحدث أضرار بنسيج اللحاء، وتكون البطاطس المقلية منها داكنة اللون، والمطهية رمادية (Stark وآخرون ٢٠١٧).

النموات الخضرية للسيقان الأرضية، وسلاسل الدرنات

قد تتجه النباتات خلال فترات ارتفاع الحرارة (٢٩ ْم أو أعلى) إلى زيادة النمو الخضرى بدلاً من الاتجاه نحو تكوين الدرنات، ويترتب على ذلك بقاء المدادات (السيقان الأرضية) خضرية، وقد ينتج عن ذلك تكوين نموات خضرية heat sprouts أو سلاسل درنات chain tubers أو مدادات جديدة heat runners (شكل ٩–١٣).

تتكون الـ heat sprouts عندما تنمو المدادات لأعلى لتكوِّن نموًّا خضريًّا. وتتكون سلاسل الدرنات عندما تتكون عدة درنات على ساق أرضية واحدة. وفى حالات شديدة.. قد تنمو درنات من براعم أو ساق أرضية لدرنة أخرى. وتحدث كلتا الظاهرتين عند تجدد النمو بعد فترات من انقطاعها بسبب ارتفاع حرارة التربة (Stark وآخرون ٢٠١٧).



شكل (٩–١٣): النموات الخضرية للسيقان الأرضية وسلاسل الدرنات.

الدرنات الصغيرة أو الدرنات الثانوية

تظهر – أحيانًا – عديد من الدرنات الصغيرة على درنة تقاوى البطاطس قبل أو

أثناء تزريعها قبل زراعتها أو بعد زراعتها مباشرة، ويعرف هذا العيب الفسيولوجى باسم الدرنات الصغيرة little tubers، أو الدرنات الثانوية secondary tubers.

يتطور هذا العيب الفسيولوجى فى المخازن بعد فترات التخزين الطويلة وبعد انتهاء فترة السكون، وتتكون الدرنات الصغيرة عند عيون درنة التقاوى مباشرة أو على مدادات قصيرة جدًّا تنشأ من درنة التقاوى، وذلك أثناء تبرعمها، وقد يحدث ذلك فى المخازن قبل الزراعة أو بعدها، ويتواكب مع انتهاء حالة السيادة القمية فى البراعم بالدرنات، وفى النموات التى تتكون منها.

تزداد الحالة ظهورًا عندما تزيد حرارة تخزين التقاوى عن ٢٠ ْم، مع انخفاض حرارة التربة عند الزراعة عن ١٠ ْم. كما تظهر الحالة عند وضع التقاوى وهى متبرعمة فى مخازن باردة قبل زراعتها. كذلك فإن غازا: ثانى أكسيد الكربون والإثيلين اللذان يتراكمان فى المخازن قد يتسببا فى ظهور تلك الحالة، مثلما يكون لهما دور فى ظهور حالة سلاسل الدرنات.

وعلى الرغم من اختلاف أصناف البطاطس فى سرعة وصول درناتها إلى العمر الفسيولوجى الذى تحدث معه الظاهرة، فلا تُعرف اختلافات صنفية فى الحساسية لها.

ويكون الحد من هذه الظاهرة بتخزين تقاوى البطاطس فى حرارة لا تزيد عن ٤ ْم، ولكن دون أن تصل إلى حرارة التجمد، ومع عدم إطالة فترة تخزينها، وتجنب سوء التهوية فى المخازن وعمليات التداول الخشنة، ومع عدم الزراعة فى تربة تقل حرارتها عن ١٠ ْم أو رطوبتها عن ٦٠٪ من السعة الحقلية (University of Nebraska — نشرة عن little tuber disorder — الإنترنت — ٢٠٠٧).

النموات الحلزونية

تظهر النموات الحلزونية coiled sprouts عند زراعة تقاوٍ مخزنة لفترات طويلة، أو عند الزراعة فى تربة منضغطة؛ حيث تنحنى النموات الجديدة، وتلتف عدة مرات، ويتضخم الجزء الملتف، وقد يتشقق، ويصاحب ذلك تأخير الإنبات. وقد لا يظهر هذا

النبت، وتتكون بدلاً منه نموات أخرى؛ فيزيد بذلك عدد سيقان النبات. وكثيرًا ما لوحظت الإصابة بفطر *Verticillium nublium* عند ظهور هذه الحالة؛ ولذا فإن هذا الفطر يُعدَ أحد مسبباتها، كما أنها تزداد عند الزراعة فى الجو البارد، وعند استعمال تقاوٍ ذات نموات طويلة فى الزراعة، وعند الزراعة على عمق كبير فى تربة منضغطة.

النموات الشعرية أو النبت الشعرى

تظهر النموات الشعرية hair sprouts فى الدرنات التى تنبت مبكرةً قبل حصادها؛ حيث تعطى نموات رفيعةً يبلغ قطرها نحو ٢ مم. وقد تنتج الدرنة الواحدة نموات شعرية وأخرى طبيعية فى آن واحد، لكن من عيون مختلفة. ويكثر ظهور هذه الحالة عند ارتفاع درجة الحرارة فى نهاية موسم النمو فى المراحل الأخيرة لتكوُّن الدرنات. وتشتد الحالة عند إصابة حقول إنتاج التقاوى ببعض الميكوبلازما مثل ميكوبلازما اصفرار الإسر، أو ببعض الفيروسات مثل فيرس التفاف أوراق البطاطس. وتعرف هذه الحالة — كذلك — باسم النموات الطويلة النحيلة Spindling sprouts.

التبرعم الداخلى أو النبت الداخلى

يحدث التبرعم الداخلى internal sprouting فى المخازن بعد انتهاء حالة السكون؛ حيث تنمو البراعم خارجيًّا، لكن إذا وُجدت أية عوائق أمام نموها الخارجى (مثل وجود درنات أخرى مقابلة لها، أو حوائط، أو مخلفات debris)، فإن البراعم تتجه نحو النمو داخليًّا بالدرنة. وقد يكون نمو النبت من خلال جانب الانخفاض الذى توجد فيه العين فى الأصناف ذات العيون الغائرة. يمكن أن تحدث الظاهرة — كذلك — حينما لا يكون تركيز مُثبط التبرعم CIPC غير كافٍ لتثبيط النمو تمامًا، أو إذا ما كانت المعاملة بمثبطات التبرعم قد أُجريت بعد بدء حدوث تبرعم جوهرى فيها بالفعل (Stark وآخرون ٢٠١٧).

وتشتد هذه الحالة فى الدرنات التى خزنت لفترات طويلة، وعند التخزين على حرارة ١٢ ْم — ١٥ ْم، كما تزيد الإصابة بفعل تعرض الدرنات للضغط عند تخزينها فى

كومات كبيرة، كذلك تؤدى المعاملة بتركيزات منخفضة من مثبط التبرعم CIPC إلى ظهور هذه الحالة.

الجذور الداخلية

يؤدى تخزين الدرنات لفترات طويلة فى ظروف تخزينية غير مناسبة إلى نمو جذور من قاعدة البرعم الطرفى تحت البشرة مباشرة. وتمتد هذه الجذور داخل الدرنة من خلال منطقة النخاع، حتى تصل إلى الطرف القاعدى. ويطلق على هذه الحالة اسم internal roots.

أضرار ناشئة عن اختراق جذور الأعشاب الضارة للدرنات

لبعض أنواع الأعشاب الضارة المعمرة سيقان أرضية على شكل ريزومات حادة تخترق درنات البطاطس المجاورة لها فى التربة.. ومن هذه الحشائش ما يلى:

Quick grass (*Agropyron repens*)

Nut grass (*Cyperus rotundus*).

البروزات المنتفخة intumescences بالأوراق

تفيد الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء، وكذلك التسميد بالكالسيوم فى الحد من ظاهرة البروزات المنتفخة intumescences بالأوراق. فمع زيادة مستوى التسميد بالكالسيوم من ١ مللى مول إلى ١٠ مللى مول انخفضت أضرار البروزات المنتفخة على سطحى الورقة العلوى والسفلى إلى ٦٥٪ ، و ٥٪، على التوالى؛ وصاحب ذلك زيادة فى تركيز الكالسيوم بالأوراق إلى الضِعف تقريبًا (Schabow & Palta ٢٠١٩).

التفاف الأوراق

يحدث التفاف الأوراق leaf roll إما نتيجة الإصابة بفيرس التفاف الأوراق، وفى هذه الحالة تختلف حدة الأعراض كثيرًا من نبات لآخر فى نفس الحقل (ولا تعد الحالة فسيولوجية).. وإما نتيجة لواحد أو أكثر من المسببات التالية:

١– أى عامل يعوق انتقال المواد الغذاية المجهزة من الأوراق إلى الدرنات؛ حيث يتجمع النشا فى الأوراق؛ مما يجعلها جلدية، ويسبب التفافها لأعلى. ويحدث ذلك خاصة عند الإصابة بالذبول الفيوزارى، أو بعض الأمراض الأخرى، أو بالميكوبلازما، أو عندما تحدث أضرار ميكانيكية لقاعدة الساق.

٢– طفرة متنحية (وهى التى يتحكم فيها الجين lr) تؤدى إلى تراكم النشا فى الأوراق.

٣– الإفراط فى التسميد الآزوتى.

٤– إصابة الأوراق القمية بمن البطاطس. وتسمى هذه الحالة باسم الالتفاف القمى toproll، وتختفى بمجرد مكافحة المن.

احتراق حواف الوريقات

تظهر حالة احتراق حواف الوريقات (tip burn) إما لزيادة النتح عن مقدرة الجذور على امتصاص الماء؛ حيث تذبل أطراف وحواف الوريقات فجأة، ثم تموت، أو قد يحدث ذلك بصورة تدريجية؛ فيظهر أولاً اصفرار خفيف فى حواف الوريقات، يتغير تدريجيًّا إلى اللون الأسود، وتبدو المنطقة المصابة فى قمة الوريقات على شكل حرف V، وتشمل ربع الورقة، أو أكثر من ذلك. وتكون الأوراق المصابة سهلة التقصف، ويسهل فصلها عن النبات. وتزداد حدة الأعراض فى الأوراق المسنة عما فى الأوراق الحديثة.

تزداد هذه الحالة ظهورًا عندما يسود جو صحو كثير الرياح بعد فترة يسودها جو ممطر ملبد بالغيوم؛ ففى هذه الظروف يزداد النتح بدرجة أكبر من مقدرة الجذور على امتصاص الماء من التربة؛ مما يؤدى إلى ذبول حواف الوريقات واصفرارها وجفافها.

الدرنات الهوائية

تظهر الدرنات الهوائية Aerial Tubers فى آباط الأوراق — وخاصة الأوراق السفلى — وذلك عند حدوث أى عائق بمنع انتقال الغذاء المجهز من الأوراق إلى الأجزاء

تحت الأرضية من النبات. تختلف الدرنات الهوائية فى أحجامها، ولكنها تكون — عادة — صغيرة، ويكون لونها أخضر قاتماً إلى قرمزى.

ومن أهم العوامل التى تعوق انتقال الغذاء إلى الأجزاء تحت الأرضية من النبات الأضرار الحشرية والميكانيكية للأجزاء السفلى من الساق، وبعض الإصابات المرضية، وخاصة الرايزكتونيا، واصفرار الأستر.

اصفرار القمة

يؤدى تعرض نباتات البطاطس إلى جرعات زائدة من مبيد الحشائش جلايفوسيت glyphosate إلى اصفرار قمة النبات (القمة وأحدث الأوراق تكونًا، وبعض وريقات الأوراق التى سبقتها فى التكوين)، والتفافها إلى أعلى. وتكون الدرنات الى تكونها هذه النباتات مشوهة وتظهر بها نموات جاحظة.

الورقة المنقطة

يؤدى تعرض أوراق البطاطس لتركيزات عالية من الأوزون إلى ظهور بقع أو مناطق ميتة بنية اللون ومتناثرة بين العروق فى الأصناف الحساسة. تعرف هذه الأعراض باسم الورقة المنقطة Speckle Leaf؛ وهى تشاهد بوضوحٍ على السطح السفلى للأوراق.

مصادر إضافية

لمزيد من التفاصيل عن العيوب الفسيولوجية.. يراجع كلاًّ من:

- Rich (١٩٨٣): شامل.
- Hiller وآخرين (١٩٨٥): شامل.
- Ewing (١٩٩٧): شامل.
- Dale & Mackay (١٩٩٤): شامل.
- University of Nebraska (٢٠٠٧): شامل.

- Potato South Africa (٢٠١٦): شامل.
- Yencho وآخرين (٢٠٠٨) بخصوص التحلل الداخلى الفسيولوجى الحرارى.
- Zotarelli وآخرين (٢٠١٨) بخصوص كلٍ من المركز البنى والقلب الأجوف.

الفصل العاشر

الحصاد، والتداول، والتخزين، والتصدير

لا تستكمل العملية الإنتاجية إلا بعد إجراء الحصاد فى الموعد المناسب، وبالطريقة المناسبة، وإيصال الدرنات للمستهلك وهى مازالت بحالة جيدة، وهو ما سنتناوله بالشرح فى هذا الفصل.

وللاطلاع على تفاصيل إجراءات الـ GAP فى زراعة البطاطس وحصادها وتخزينها وتعبئتها. يراجع The National Potato Council (١٩٨٣).

الحصاد

يتطلب إجراء الحصاد بطريقة مناسبة مراعاة بعض الأمور، مثل تحديد الموعد المناسب للحصاد وطريقة التخلص من النموات الخضرية، وطريقة الحصاد ذاتها.

تحديد موعد الحصاد

يتوقف الموعد المناسب للحصاد على الغرض من الزراعة، والجانب الاقتصادى الخاص بالأسعار، فالبطاطس البلية تقلع قبل تمام نضجها، وتُصَدَّر للخارج، وتعامل بطريقة خاصة، حتى لا تتلف أثناء الشحن. وقد يلجأ بعض المنتجين إلى إجراء الحصاد فى مرحلة أكثر تقدمًا من النضج، إلا أن الدرنات لا تكون مكتملة النضج أيضًا، ويحدث ذلك عند ارتفاع الأسعار ونقص المعروض من المحصول فى الأسواق، إلا أن ذلك يكون على حساب المحصول الكلى، لأن المحصول يزداد زيادة كبيرة مع استمرار تقدم الدرنات فى النضج. وتستمر الزيادة فى المحصول، حتى بعد بداية موت أوراق النبات. وعلى المنتج أن يوازن ما بين الفرق فى الأسعار، والفرق فى كمية المحصول.

ويكتمل نضج معظم أصناف البطاطس فى خلال ١٠٠–١٢٠ يوم من الزراعة.

إن حصاد البطاطس بالقرب من اكتمال تكوينها الفسيولوجى يزيد من صلاحيتها لإنتاج درنات عالية الجودة تُسهم فى إنتاج بطاطس محمرة (مقلية) عالية الجودة

بخصائص الطعم المرغوب فيها. ويؤدى تصنيع البطاطس وهى غير مكتملة التكوين، أو وهى زائدة فى عمرها الفسيولوجى عن مرحلة اكتمال التكوين إلى إنتاج بطاطس محمرة منخفضة فى صلاحيتها للاستهلاك.

وعندما خُزِّنت درنات ثلاثة أصناف تصنيع، هى: Russet Burbank، و Clearwater Russet، و Alpine Russet لأكثر من تسعة أشهر على حرارة ٨,٣ °م .. أظهرت النتائج أن الحصاد المبكر عن الموعد الطبيعى، والحصاد المتأخر كان له تأثير سئ على جودة البطاطس المحمرة، وذلك فيما يتعلق بالقوام، وخاصة الهشاشة crespness. وأثناء التخزين.. تدهورت البطاطس المحمرة المنتجة – من الدرنات التى حُصدت مبكرًا – فى الجودة، وكان التدهور شديدًا بعد خمسة شهور من التخزين، ولكن تباينت الأصناف فى هذا الشأن (Waxman وآخرون ٢٠١٩)

حصاد البطاطس غير المكتملة التكوين

البطاطس الجديدة

يجب حصاد البطاطس الجديدة يدويًا بعد نحو ٦٠–٧٥ يومًا من الزراعة، وذلك بغرس الشوكة تحت النبات مع نزع النبات برفق لإظهار الدرنات على السطح، ثم جمعها وتداولها برفق. يجب تسويق البطاطس الجديدة فى خلال فترة وجيزة لا تتعدى ٧–١٠ أيام. يمكن زراعة أى صنف لإنتاج البطاطس الجديدة، لكن تفضل الأصناف المبكرة مثل Desiree.

البطاطس الكريمية

تتشابه البطاطس الكريمية creamer potatoes مع البطاطس الجديدة new potatoes فى كون درناتهما صغيرة وتزن حوالى ٥٠–١٠٠ جم وقد يمكن حصاد البطاطس الكريمية مبكرًا أو عند اكتمال تكوينها. والفرق الأساسى بينها وبين البطاطس الجديدة أن جلدها يكون أسمك، وبذا تكون أسهل فى حصادها وتداولها عن البطاطس الجديدة (Leep وآخرون ٢٠١٧).

جوانب اكتمال تكوين الدرنات

يكون لاكتمال تكوين درنات البطاطس potato tuber maturity أربعة جوانب أو مظاهر، كما يلى:

اكتمال تكوين النمو الخضرى vine maturity

ومظاهر ذلك موت النموات الخضرية من أسفل لأعلى. يحفز ذلك اكتمال تكوين الدرنات وصلاحيتها للتخزين. ويتم التحكم فى اكتمال تكوين النمو الخضرى بخفض تيسر العناصر المغذية والماء للنبات فى المراحل المتأخرة من موسم النمو. ويتم قتل النمو الخضرى قبل الحصاد بثلاثة أسابيع.

اكتمال التكوين الكيميائى chemical maturity

ومظاهر ذلك انخفاض محتوى السكروز بالدرنات. يعنى ذلك تحسنًا فى لون الشبس والبطاطس المحمرة. يتعين مراقبة محتوى السكروز قبل وبعد قتل النمو الخضرى. يُجرى الحصاد عندما يبلغ محتوى السكروز لأدنى مستوى (< ١،٠ مجم/جم وزن طازج).

اكتمال التكوين الفسيولوجى physiological maturity

ومظاهر ذلك ارتفاع الكثافة النوعية للدرنات؛ وهو ما يعنى زيادة المحصول كمًّا ونوعًا. يتعين مراقبة الكثافة النوعية قبل الحصاد، و يجرى الحصاد عندما تبلغ الكثافة النوعية أعلى مدى لها.

إن اكتمال تكوين الدرنات الفسيولوجى يكون بانخفاض محتواها من السكروز إلى أقل من ١،٠ مجم/جم وزن طازج (١ مجم/جم وزن طازج = ٠،١٪ من الوزن الطازج). ينتج السكروز عن عملية البناء الضوئى، وهو صورة الكربوهيدرات التى تنتقل سريعًا فى النبات حتى تصل إلى الدرنات. وما أن يصل السكروز إلى الدرنات فإنه يتحول سريعًا إلى نشا ولا يحدث به تحلل يذكر إلى جلوكوز وفراكتوز. هذا.. إلاّ أن زيادة مستوى السكروز فى الدرنات عن ٠،١ مجم/جم وزن طازج، أو تخزين الدرنات فى حرارة

منخفضة (حيث يتحول النشا إلى سكر) يعنى تحلل جزءًا من هذا السكروز إلى جلوكوز وفراكتوز المسئولان عن دكنة لون الشبس والبطاطس المحمرة.

ويترتب على حصاد الدرنات قبل نضجها الكيميائى، ما يلى:

١- زيادة طول فترة التهيئة preconditioning عقب التخزين وقبل التصنيع.

٢- تكون التهيئة أقل فاعلية فى خفض مستوى السكر بالدرنات.

٣- تكون الدرنات أكثر ميلاً إلى زيادة الحلاوة عند التخزين البارد cold sweeting.

٤- تكون الدرنات أصعب فى تهيئتها للتصنيع بعد التخزين.

٥- زيادة مستوى نشاط الإنفرتيز invertase فى طرف الساق؛ مما يؤدى إلى زيادة السكريات فى ذلك الطرف من الدرنة.

اكتمال التكوين الفيزيائى physical maturity

ومظاهر ذلك استتباب وثبات جلد الدرنة skin set. يُقلل ذلك من ظاهرة تسلخ الجلد، وانكماش الدرنات (بفقد الرطوبة) والإصابات المرضية. يتعين أن يكون قتل النموات الخضراء قبل الحصاد بنحو ٢-٣ أسابيع. ويلزم التأكد من ثبات جلد الدرنة قبل إجراء الحصاد.

يكون اكتمال تكوين الدرنات الفيزيائى باستتباب وثبات الجلد فى مكانه فلا ينسلخ بسهولة بعد الحصاد. فمع سرعة ازدياد الدرنات فى الحجم خلال المراحل الأخيرة من تكوينها، فإن الجلد — الذى هو جزء من البيريدرم periderm — يجب أن يكون قادرًا على التمدد مع الدرنة النامية. ومع نضج المحصول تتوقف الدرنات عن الزيادة فى الحجم ويبدأ الجلد فى الثبات والالتصاق مع الأنسجة التى تليه. يتطلب الثبات التام للجلد ٤٠ يومًا، إلاّ أن الحصاد يجرى غالبًا بعد ٢٠ يومًا من جفاف أو تجفيف النمو الخضرى، أى قبل اكتمال ثبات الجلد.

ويتطلب متابعة اكتمال النضج الفيزيائى للدرنات تقدير القوة التى تلزم لإزالة البيريدرم، وأسهل وسيلة لتحقيق ذلك هى بحك الدرنات بإصبع الإبهام؛ حيث يتسلخ

جلد الدرنات غير المكتملة التكوين بسهولة، بينما يتطلب تسلخ الدرنات المكتملة التكوين قوة أكبر. ويلزم ترك الدرنات لعدة ساعات لتجف سطحيًّا قبل إجراء ذلك الاختبار.

وتتطلب إدارة اكتمال تكوين الدرنات، ما يلى:

١- التخطيط الجيد للتسميد، وخاصة التسميد بالنيتروجين، فيكون بالقدر الذى يُعطى أفضل نمو ومحصول، ولكن دون زيادة غير مرغوبة؛ يمكن أن تؤخر الشيخوخة الطبيعية للنباتات. ولتحقيق ذلك يتعين وقف التسميد الآزوتى بعد ٨٠-٨٥ يومًا من الإنبات أو قبل نحو ٤٠-٤٥ يومًا من تجفيف النموات الخضرية.

٢- التحكم فى الرى لتحفيز الشيخوخة الطبيعية للنموات الخضرية؛ فتُخفَّض معدلات الرى خلال المراحل الأخيرة لزيادة الدرنات فى الحجم، ويكون بالقدر الذى يكفى فقط لترطيب الدرنات المتكونة. ويقلل الرى أكثر مع شيخوخة النمو الخضرى ليتناسب مع النقص الذى يحدث فى النتح التبخرى evapotranspiration.

٣- الاستخدام المناسب لمجففات النمو الخضرى، وهى التى تجب المعاملة بها قبل الموعد المتوقع للحصاد بنحو ثلاثة أسابيع للسماح بالثبات الجيد للجلد وبالوصول إلى أعلى درجة من الكثافة النوعية.

وتجدر ملاحظة أن تجفيف النمو الخضرى يزيد - غالبًا - محتوى السكر بالدرنات، لكنه ضرورى لتثبيت الجلد، كما أنه يمنع إصابة الدرنات بالندوة المتأخرة، ويسمح ذلك كله بالتخزين الجيد للدرنات (Bussam وآخرون ٢٠٠٩).

ومن بين أهم دلائل النضج البستانى لدرنات البطاطس، ما يلى:

١- وصول الدرنات إلى أقصى حجم لها.

٢- مقاومة جلد الدرنة للتسلخ، حيث يكون قد اكتمل تكوينه، ويصعب خدش الدرنة أو سلخ الجلد عند الضغط عليها بالإبهام.

٣- يُعد محتوى السكر دليلاً للنضج فى بطاطس التصنيع، علمًا بأن مستوى السكر يرتفع فى كل من الدرنات غير الناضجة والزائدة النضج.

وأهم ما يعيب الحصاد المبكر ما يلى:

١- نقص المحصول.

٢- زيادة نسبة الدرنات المتسلخة، وزيادة فرصة تعرضها للإصابات الميكانيكية، ومن ثم زيادة فرصة إصابتها بالعطب، وضعف مقدرتها على التخزين.

٣- زيادة نسبة السكريات فى الدرنات، فلا تصلح لعمل الشبس، أو القلى.

ويعيب تأخير الحصاد ما يلى:

١- تتعرض الدرنات فى العروة الصيفية للإصابة بلفحة الشمس، وبفراش درنات البطاطس.

٢- تتعرض الدرنات فى الجو البارد فى نهاية العروة الخريفية إلى زيادة نسبة السكر فيها، فلا تصلح لعمل الشبس، أو للقلى.

ولكن يجب تأخير قطع النموات إلى حين اكتمال نضج الدرنات حسب الصنف المزروع (Kandeel وآخرون ١٩٩١، و Chaurasia & Singh ١٩٩٢).

التخلص من النموات الخضرية قبل الحصاد

نظرًا للاهتمام بوقاية حقول البطاطس من الإصابات الحشرية والفطرية، فإن النموات الخضرية تبقى بحالة جيدة، حتى يحين موعد الحصاد؛ مما يستلزم التخلص منها قبل إجراء الحصاد.

ويتم التخلص من النموات الخضرية يدويًّا، أو آليًّا، أو كيميائيًّا، ففى مصر تجرى هذه العملية يدويًّا بإزالة العروش قبل الحصاد بيوم أو يومين. وقد تجرى هذه العملية باستخدام آلات خاصة تقوم بتقطيع النموات الخضرية وجمعها. وتعد كلتا الطريقتين من الطرق السريعة التى تزداد معها حدة العيوب الفسيولوجية التى تصيب الدرنات.

ويوصى بتهيئة حقل البطاطس للحصاد عندما تكون الدرنات قد بلغت الحجم المناسب للصنف المزروع، وذلك بإعطاء الحقل رية غزيرة أخيرة، ثم — بعد يوم أو يومين — تقطع النموات الخضرية عند مستوى سطح الأرض، وهى التى تكون — غالبًا — قد بدأت فى الإصفرار. يسمح ذلك الإجراء ببدء التغيرات التى تؤدى إلى زيادة سمك جلد الدرنة وغلق العديسات. يجب جمع النموات الخضرية المقطوعة والتخلص منها خارج الحقل حتى لا تكون مصدرًا لأى جراثيم مرضية يمكن أن تصيب الدرنات عند حصادها. وبعد نحو ٨–١٠ أيام من قطع النموات الخضرية تفحص درنات بعض النباتات للتأكد من أن جلد الدرنة أصبح سميكًا وتصعب إزالته بالإبهام، وبغير ذلك يؤخر الحصاد لأيام قليلة أخرى.

إن قتل النموات الخضرية (كيميائيًّا أو آليًّا) قبل الحصاد بنحو ١٠–١٤ يومًا يفيد فى ثبات ومتانة جلد الدرنات وخفض تسلخها.

ويتعين وقف الرى قبل الموعد المتوقع للحصاد بنحو ٧–١٠ أيام فى الأراضى الطميية الطينية، وبنحو ٤–٧ أيام فى الأراضى الطميية الرملية، وبنحو ٢–٣ أيام فى الأراضى الرملية الطميية.

كما قد يتم التخلص من النموات الخضرية، وذلك برشها ببعض المركبات الكيميائية التى قد تقتلها بسرعة أو ببطء. ومن المركبات المستعملة لهذا الغرض ما يلى:

١– حامض الكبريتيك: يقتل النموات الخضرية بسرعة.

٢– بخار الأمونيا: يقتل النموات الخضرية فى خلال ٢٤ ساعة من المعاملة.

٣– مركبات الداى نيترو dinitro المختلفة: تقتل النموات الخضرية فى خلال ٤–١٠ أيام.

٤– حامض الكريزيلك Cresylic Acid.

٥– مركب النِجراثال nigrathal (Ware & MaCollum ١٩٨٠).

٦- مبيد الحشائش رجلون Reglone.

٧- هارفيد Harvade: يستعمل بمعدل ٠,٣-١,١ كجم/هكتار قبل الموعد المتوقع للحصاد بنحو ١٤-٢٠ يومًا. يُمتص المركب خلال ٤-٦ ساعات من المعاملة، ويُحدث تأثيره بتكوين طبقة انفصال فى الأوراق تؤدى إلى سقوطها (Read ١٩٨٢).

٨- مبيد الحشائش داينوسب dinoseb: ترش به النباتات قبل الحصاد بنحو أسبوعينن على ألا تقل درجة الحرارة عن ١٣°م.

٩- مبيد الحشائش إندوثال endothall: ترش به النباتات قبل الحصاد بنحو ١٠-١٤ يومًا.

١٠- مبيد الحشائش باراكوات paraquat (جراماكسون): ترش به النباتات قبل الحصاد بثلاثة أيام،ولا يستخدم فى حالة البطاطس التى يراد تخزينها، وتلك التى تستعمل كتقاوٍ (Whitesides ١٩٨١).

١١- مبيد الحشائش دِيكوات:

إن مبيد الحشائش دِيكوات Diquat (كما فى رجلون Reglone) هو الأكثر استخدامًا لأجل تجفيف النموات الخضرية للبطاطس قبل حصادها، ولكن يُعاب عليه أن تجفيف السيقان — إن لم يكن كاملاً- يؤدى إلى استعادتها لنموها، كما أنه يؤدى إلى خفض الكثافة النوعية للدرنات.

وعندما كان حصاد البطاطس فى موعد مبكر، وُجد أن قتل النموات الخضرية قبل الحصاد بالـ diquat dibromide ساعد فى ثبات جلد الدرنة، لكن لم يظهر ذلك التأثير عندما كان الحصاد فى موعد متوسط أو متأخر. وفى المقابل.. فإن الحصاد المبكر دون قتل للنموات الخضرية أدى إلى زيادة محتوى الجلوكوز فى طرف الدرنة البرعمى أثناء التخزين (Bethke & Busse ٢٠١٠).

١٢- جُرِّب استخدام مركب جديد أُعطى الرمز UCC-C4243 بمعدل ٤٣ جم للفدان مقارنة باستخدام الديكوات بمعدل ١١٤ جم للفدان. ووجد أن كليهما لم يؤثر فى كمية المحصول إلا أن المركب UCC-C4243 كان أكثر كفاءة فى عملية التجفيف حيث لم تظهر بعد المعاملة به نموات جديدة، كما أنه لم يخفض الكثافة النوعية للدرنات مثلما حدث مع استعمال الديكوات.

والـ UCC-C4243 عبارة عن substituted uracil، وله تأثير واسع فى تجفيف الحشائش لدى تعرضها لضوء الشمس، ويعمل من خلال تثبيط تمثيل الـ porphyrin وعديد من الإنزيمات (Pavlista ٢٠٠١).

١٣- الجلوفوسينيت — أمونيوم:

يستعمل الجلوفوسينيت-أمونيوم glufosinate-ammonium فى قتل النموات الخضرية للبطاطس قبل حصادها. وقد وجد — على مدى موسمين للزراعة — أن المعاملة بـ ٠,٤٨ كجم من تلك المادة للهكتار (٠,٢ كجم للفدان) لم يكن لها أى تأثير على المحصول، كما أدت إلى زيادة نسبة الدرنات التى يتراوح قطرها بين ٣٥، و٧٠ ملليمترًا، إلا أن المعاملة كان لها تأثيرات سلبية على كل من محتوى الدرنات من المادة الجافة، وفيتامين ج، مع زيادة فى تركيز السكريات الحرة (Gonnella وآخرون ٢٠٠٩).

١٤- كابوكى:

يحتوى التحضير التجارى كابوكى Kabuki على المادة الفعالة بيرافلوفين-إثيل pyraflufeen-ethyl، وهو يستعمل بمعدل ٥٠٠ مل (سم٣) للفدان لأجل حرق النموات الخضرية للبطاطس؛ الأمر الذى يُستكمل فى خلال أسبوع من الرش.

إن الرش بمجففات النموات الخضرية يُعد أفضل وسيلة للتخلص من تلك النموات قبل الحصاد، وهى تكون أكثر فاعلية فى الجو الحار الصحو، على ألا تزيد الحرارة عن

٢٧ °م، ولا يجب الرش عند توقع سقوط المطر أو فى وجود الندى. يجرى الرش قبل الحصاد بنحو ١٠–٢١ يومًا حسب المادة المستعملة.

وتوصى لجنة مبيدات الآفات الزراعية (١٩١٨) بتجفيف المجموع الخضرى للبطاطس برشها قبل الحصاد بأسبوعين بأى من: بريك– بيرن أوت– ريجلون — صن فورس.

ولقد تساوت طرق قتل النموات الخضرية الميكانيكية للبطاطس (بتقطيع أو جز النمو الخضرى)، والكيميائية (باستعمال الـ glufosinate، أو diquat، أو حامض الكبريتيك، أو carfentrazone، أو pyraflufen-ethyl)، والفيزيائية (باللهب) فى سرعة قتلها للنموات الخضرية، مع أقل درجة من التربيش عندما أُجرى الحصاد بعد أربعة أسابيع (وليس بعد أسبوعين) من عملية القتل، مع تساويها فى محصول الدرنات الكلى وتوزيع أحجامها باستثناء المعاملة بالجلوفوسينيت (التى أُجريت أكثر تبكيرًا)، ولكنها تساوت مع باقى المعاملات فى محصول الدرنات التى بقطر ٢,٥–٣,٥ سم (Boydston وآخرون ٢٠١٨).

ولتجنب مخاطر تلون طرف الدرنة المتصل بالساق — الذى يحدث فى حالات القتل السريع للنموات الخضرية — يراعى ما يلى:

١– عدم زيادة المعدل المستخدم عن الحد الأقصى المسموح به. علمًا بأن ذلك الحد ينخفض بتقدم نضج المحصول.

٢– عندما يكون النمو الخضرى قويًّا وغزيرًا يمكن — حسب المادة المستعملة — الرش مرتين بتركيز منخفض على أن يفصل بينهما مدة ٥–٧ أيام.

٣– عندما تكون النباتات نشطة فى النمو وشديدة الرهافة، وعندما كون الحرارة عالية يجب استعمال مركبات بطيئة التأثير.

ويؤدى تأخير قتل النموات الخضرية فى البطاطس إلى زيادة الكثافة النوعية للدرنات، مع زيادة فى محتواها من كل من السكروز والجلوكوز (Sabba وآخرون ٢٠٠٧).

على الرغم من أهمية التخلص من النموات الخضرية قبل الحصاد، فإن إجراءها مبكرًا يؤدى إلى نقص المحصول، ونقص الكثافة النوعية للدرنات، وتلون الحزم الوعائية فى الطرف القاعدى للدرنات باللون البنى، وخاصة فى الخشب والأنسجة البرانشيمية المحيطة به. وتزداد حدة هذه الأعراض عند اتباع وسائل القتل السريع للنموات الخضرية، بينما تقل هذه المشاكل أو تختفى عند اتباع وسائل القتل البطئ لهذه النموات. فنجد – مثلاً– أن حالات تلون الحزم الوعائية لدرنات البطاطس تزداد عند استعمال المركبات التى تُحدث قتلاً سريعًا للنموات الخضرية؛ مثل حامض الكبريتيك، وكذلك الدِكوات diquat، والدينوسِب Dinoseb، بينما تقل كثيرًا حالة تلون الحزم الوعائية عند استعمال المركبات التى تحدث قتلاً بطيئًا للنموات الخضرية مثل الميتوزيرون metozuron (Ogilvy ١٩٩٢).

ويجب التخطيط لإجراء الحصاد بعد نحو ٢–٣ أسابيع من قتل النموات الخضرية، لأجل إعطاء وقت كافٍ لاكتمال تكوين وثبات جلد الدرنة؛ وبذا.. تقل فرصة إصابة الدرنات بالخدوش والتسلخات أثناء الحصاد وبعده.

أهمية حرارة التربة عند الحصاد

يُفضِّل حصاد البطاطس عندما تتراوح حرارة الدرنات بين ١٠، و ١٥ °م. وإذا كانت الدرنات أبرد من ذلك تزداد فرصة إصابتها بالبقع السوداء، وخدوش الاحتكاكات، ولكن الأمر يتأثر كذلك برطوبة الدرنات حيث تزداد الخدوش فى الدرنات الباردة الممتلئة بالرطوبة، وتزداد الإصابة بالبقع السوداء فى الدرنات الباردة الفاقدة لرطوبتها جزئيًّا. وعلى الرغم من أن الدرنات التى تزيد حرارتها عن ١٥ °م تكون أقل عرضة للإصابة بالجروح إلا أنها تحتاج إلى تبريد سريع لكى لا تزداد فيها الإصابة بالأعفان.

ولا يجب حصاد حقول البطاطس إذا وصل انخفاض حرارة التربة على العمق الذى توجد فيه الدرنات إلى ٧ °م؛ لأن الدرنات البارة تزداد فيها الأضرار الميكانيكية عند الحصاد. وإذا استمرت الحرارة منخفضة يؤجل الحصاد حتى آخر النهار حيث تكون حرارة التربة أعلى ما يمكن.

أهمية المحتوى الرطوبى لكل من التربة والدرنات عند الحصاد

يجب أن يتراوح المحتوى الرطوبى فى التربة عند الحصاد بين ٦٠٪، و٧٥٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية، لأجل السماح بانفصال التربة تمامًا عن الدرنات. ويتوقف تحديد موعد الرية السابقة للحصاد على نوع التربة؛ علمًا بأن الدرنات التى تحصد من حقول موحلة تقل قدرتها على التخزين.

كذلك فإن رطوبة التربة تؤثر على رطوبة الدرنات، ولذلك أهميته؛ فيؤثر مستوى رطوبة الدرنات على شدة تعرضها للأضرار. وعندما تكون الدرنات فاقدة لرطوبتها جزئيًّا dehydrated فإنها تكون أكثر تعرضًا للإصابة بالبقع السوداء blackspot، بينما تكون الدرنات الممتلئة أكثر تعرضًا للخدوش التى تنتج من الاحتكاكات (شكل ١٠-١)، ويصاحب الرطوبة المتوسطة أقل قدر من الأضرار. ولذا.. يجب دائمًا ملاحظة رطوبة التربة بعد قتل النموات الخضرية خلال الفترة التى تسبق الحصاد.

١٠٠
٧٥
٥٠
٢٥
صفر
خدوش وجروح
بقع سوداء
فاقدة للرطوبة (ذابلة)
مستوى امتلاء الدرنات بالرطوبة
ممتلئة بالرطوبة (قصمة)

شكل (١٠-١): تأثير المستوى الرطوبى للدرنات على مدى القابلية للإصابة بكل من البقع السوداء black spots، والخدش والتجريح للبطاطس من صنف رصت بربانك Russet Burbank على ٧-١٠ْم (عن Thornton & Bohl ٢٠٠٧).

طريقة الحصاد

يجب أن تجمع أولاً الدرنات المكشوفة للتخلص منها، نظرًا لأنها تكون خضراء اللون، وأغلبها مصاب بلفحة الشمس، وبفراش الدرنات.

الحصاد اليدوى

تقلع البطاطس فى معظم أراضى الوادى والدلتا بمصر أساسًا بواسطة المحراث البلدى، كما تستخدم الفأس وشوكة البطاطس فى التقليع فى المساحات الصغيرة. وفى حالة استعمال المحراث البلدى يراعى عدم تجريح الدرنات، وذلك باختيار سلاح عريض للمحراث. مع إمراره عميقًا أسفل الدرنات، أى أسفل خط الزراعة. ويلى ذلك جمع الدرنات فى صناديق، أو فى أقفاص مبطنة بالخيش، لمنع تسلخ الدرنات وإصابتها بالكدمات.

الحصاد الآلى

يجرى الحصاد آليًّا فى المزارع الكبيرة فى مصر، كما فى الأراضى الجديدة، ويوجد من آلات الحصاد ما هو ذو أمشاط ثابتة، وتقوم بتقليع الدرنات فقط، ومنها ما هو ذو أمشاط دائرية، وتقوم إلى جانب تقليع الدرنات بتخليصها من كتل التربة، وبقايا النموات الخضرية.

ولا يمكن حصاد البطاطس آليًّا إلا إذا كانت جميع العمليات الزراعية السابقة — من تحضير للتربة، وزراعة، وترديم، ومكافحة حشائش، وقتل للنموات الخضرية — قد أجريت بطريقة صحيحة كما يجب مرور وقت كافٍ بين قتل النموات الخضرية والحصاد؛ ليتسنى تقسية جلد الدرنة، حتى لا يتسلخ عند الحصاد.

تقوم معظم آلات حصاد البطاطس بحصاد خطين أو أربعة خطوط (وحتى ١٢ خط أحيانًا) مباشرة ونقل الدرنات إلى شاحنة تتحرك مع آلة الحصاد، لتقوم — بدورها — بنقل المحصول — أولاً بأول — إلى محطة التعبئة، أو شركات التصنيع، أو المخازن. وفى بعض المناطق — وخاصة إن لم تشكل الحجارة أو كتل الطين أى مشاكل — يتم تقليع الدرنات وتركها معرضة للهواء لحين جمعها يدويًّا.

ويتعين عند حصاد البطاطس آليًّا مراعاة ما يلى:

١- وقف الرى قبل الحصاد بنحو ٢-٣ أسابيع، فذلك يسمح بالتدهور التدريجى للنموات الخضرية؛ مما يسرع من اكتمال تكوين جلد الدرنة ويحفزه.

٢- إعطاء رية خفيفة بالرش قبل الحصاد بهدف تجنب تكوين التربة للقلاقيل الكبيرة عند الحصاد، وهى التى تزيد من تسلخ وخدش الدرنات وإحداث الكدمات بها عند الحصاد.

٣- إزالة النموات الخضرية من الحقل قبل الحصاد كما أسلفنا.

إن النموات الخضرية قد تتسبب فى صعوبات فى عملية الحصاد، كما أنها قد تؤوى مسببات أمراض وحشرات يمكن — فى حالة عدم التخلص من النموات — أن تنتقل مع الدرنات إلى المخازن. ولذا.. يوصى بالتخلص من تلك النموات — باستعمال آلات التقطيع — أيًّا كانت الطريقة التى قُتلت بها النموات الخضرية.

٤- تغليف كل السيور الناقلة بالمطاط؛ وذلك لأن الدرنات إذا ما اصطدمت بالصلب فإن الطاقة الحركية تمتصها الدرنة، وتكون الطريقة الوحيدة لتخلص الدرنات من تلك الطاقة هى بحدوث تسلخات أو قطوع أو خدوش بها. بينما إذا ما اصدمت الدرنة بمطاط فإن جانبًا كبيرًا من الطاقة يمتصه المطاط، ولا يكون هناك سوى القليل من الطاقة التى تتخلص منها الدرنات فى صورة أضرار تحدث بها.

٥- التنسيق بين سرعة آلة الحصاد وحركة السيور الناقلة للمحصول، فالدرنات يجب أن تُحمل إلى السيور الأولى (الصاعدة) التى تستقبلها (الـ draper chains) بنفس سرعة حركة الآلة تقريبًا أو بسرعة تزيد عنها بنحو ٥٪ إلى ١٠٪، ذلك لأن السير الناقل إذا ما تحرك بطيئًا عما ينبغى فإن الدرنات تتصادم معًا وتتدافع لأعلى مما يُحدث بها أضرار وتلفيات. وإذا ما كان تحرك السير الناقل أسرع مما ينبغى فإن الدرنات تتحرك بسرعة كبيرة؛ بما يعنى زيادة احتمال إصابتها بالأضرار إذا ما تصادمت مع بعضها البعض أو مع أجزاء من آلة الحصاد.

٦- العمل على أن تنتقل التربة مع الدرنات إلى أعلى مستوى ممكن من السير الصاعد (draper chains) مع استمرار السماح بانفصال الدرنات عن التربة؛ ذلك لأن التربة تلطف من ارتطام الدرنات ببعضها البعض.

٧- الحد من ارتفاعات السقوط والأركان الحادة.

نجد أنه فى كل مرة تسقط فيها درنة بطاطس أو تمر على زاوية فإنها لابد وأن ترتطم بشئ ما. علمًا بأن لتلك الارتطامات تأثير متجمع. كذلك يجب التخلص من أى تدحرج زائد عن الضرورة للدرنات لأن ذلك يزيد من تسلخها، خاصة إذا ما اختلطت بها قلاقيل التربة.

٨- الحد من ارتفاع سقوط الدرنات فى الشاحنة الملازمة لآلة الحصاد، ويتحقق ذلك بخفض ارتفاع الذراع (الـ boom) التى تسقط منها الدرنات. ويمكن خفض سرعة سقوط الدرنات من الـ boom (وخاصة بالنسبة للدرنات الأولى التى تسقط فى قاع الشاحنة) بتثبيت زائدة ذات أفرع مطاطية فى نهاية الـ boom يمكن أن تصطدم بها الدرنات قبل وصولها إلى قاع الشاحنة.

٩- تغطية الشاحنة بقماش سميك canavas، الأمر الذى يُعد ضروريًّا أيًّا كانت المدة التى يستغرقها نقل المحصول أو حتى مجرد انتظاره فى الحقل، وهذا الإجراء ضرورى جدًّا فى الجو الحار لمنع جفاف الدرنات وتلون سطحها بالبنى، واخضرارها، وكذلك لتجنب تجمدها فى الجو البارد. ومن الضرورى كذلك أن يكون انتظار الشاحنات لتفريغها فى مكان مظلل.

وبصورة عامة تجب — أيضًا — مراعاة الأمور التالية:

١- عدم نقل كتل "قلاقيل" التربة من الحقل، فهى يمكن أن تحدث أضرارًا بالدرنات فى أى وقت يحدث بينهما احتكاك، سواء أحدث ذلك فى الشاحنات، أم فى محطة التعبئة، أم فى المخزن. وإنه لمن الأهمية بمكان عدم وصول تلك القلاقيل إلى المخزن إذا إنها تُضعف من حركة دوران الهواء بين الدرنات؛ وبذا.. تمنع التحكم الجيد فى درجة الحرارة والرطوبة النسبية.

٢- عدم نقل درنات مضارة بشدة أو متعفنة من الحقل، فهى عديمة القيمة الاقتصادية، وتتسبب فى انتشار الأعفان بين الدرنات فى المخزن.

٣- لا يجب الحصاد فى الجو الشديد الحرارة، علمًا بأن أبرد فترات اليوم هى من الصباح المبكر حتى بعد الظهر بقليل. ويؤدى الحصاد من تربة ساخنة وفى هواء حار إلى التلون السطحى البنى للدرنات والإصابة بالقلب الأسود، والعفن الطرى، والاخضرار.

٤- توخى الحذر الشديد عند الحصاد فى الجو البارد، فالبطاطس الباردة تكون ممتلئة turgid وتكون عرضة للتشقق والإصابة بالخدوش بسهولة أكبر عن الدرنات الدافئة، ويتعين ممارسة الحرص الشديد معها فى كل مراحل الحصاد والتداول. ويفضل تجنب حصاد وتداول الدرنات إذا كانت حرارتها أقل من ٧,٥ْم.

٥- تجنب العجلة؛ فمن الأفضل تعبئة وتخزين ما يمكن تداوله من درنات بأعلى جودة ممكنة دون عجلة عن تعبئة وتسويق ضعف الكمية من درنات رديئة الصفات وتعرضت لأضرار شديدة بسبب العجلة والإهمال فى الحصاد والتداول.

٦- المحافظة على الجودة؛ فالبطاطس عالية الجودة هى التى تباع أولاً، بينما تلك الرديئة الجودة تُخفَّض أسعارها كثيرًا ليمكن بيعها. ومن الأهمية بمكان المحافظة على الجودة والسمعة الجيدتين (Schweers وآخرون ٢٠٠٧).

الأضرار التى قد تحدثها عملية الحصاد الآلى بالدرنات

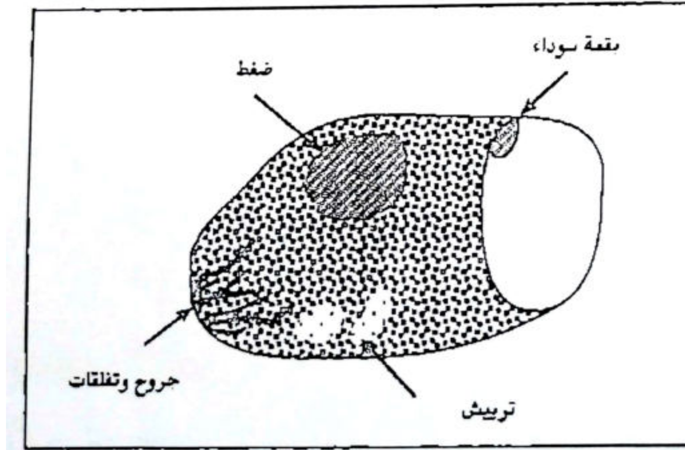
قد تتسبب عملية الحصاد الآلى فى إحداث جروح وخدوش وكدمات بدرنات البطاطس.

وتعرف أربعة أنواع من تلك الخدوش والكدمات bruises التى تحدث بدرنات البطاطس (شكل ١٠-٢)، هى كما يلى:

١- التسلخ skinning أو الترييش feathering:

يحدث التسلخ — غالبًا — نتيجة لتداول درنات غير مكتملة التكوين؛ مما يؤدى إلى

انفصال جلدها وتلون النسيج الذى يوجد تحت الجلد المنسلخ بلون داكن نتيجة التعرض للرياح وأشعة الشمس والجفاف. وقد تصبح – بذلك – غير صالحة لأسواق البيع الطازج.



شكل (١٠–٢): أنواع الرضوض والكدمات والخدوش التى تحدث بدرنات البطاطس.

٢– البقع السوداء blackspot:

يحدث هذا العرض عندما يتعرض نسيج الدرنة تحت الجلد لأضرار جراء سقوط الدرنات أو تعرضها لضغوط، دون أن يتسبب ذلك فى تمزقات بالجلد؛ حيث نجد فى خلال ٢٤–٤٨ ساعة أن الأنسجة المصابة تتحول إلى اللون الرمادى القاتم أو الأسود، ولكنها لا تُرى إلا بعد تقشير الدرنة.

٣– التشققات والتفلقات shatter bruise:

تحدث التشققات والتفلقات بالدرنات لدى تعرضها لضغوط، خاصة وهى باردة وممتلئة بالرطوبة، ولا تكون تلك التشققات عميقة، ولكنها تسمح بنفاذ مسببات الأعفان الفطرية والبكتيرية.

٤– خدوش الضغوط pressure bruise:

تتكون تلك الأضرار فى المخازن نتيجة الضغوط التى تتعرض لها الدرنات، فتظهر

بها مساحات مسطحة وغائرة، وتزداد حدتها عندما تكون الدرنات فاقدة لجزء من رطوبتها، وهى قد لا تصلح للتسويق الطازج (Thoronton & Bohl ٢٠٠٧).

ومن أهم المشاكل التى تتسبب فيها الخدوش والجروح التى تحدث بالدرنات، ما يلى:

١- زيادة الخسائر أثناء التخزين، بسبب الفقد فى الوزن وانتشار الأمراض.

٢- زيادة تكلفة العمالة، بسبب الحاجة إلى الفحص والتشذيب قبل التصنيع.

٣- الفقد الناشئ عن التشذيب قبل التصنيع، وفرز الدرنات المضارة بشدة.

٤- خفض جودة المنتج النهائى.

٥- زيادة حالات الإصابة بالأعفان.

٦- تقصير فترة الصلاحية للتخزين؛ لقصر فترة سكون الدرنات المجروحة وسرعة تزريعها فى المخازن (Twiss ١٩٦٣).

٧- تقليل مظهر البطاطس الطازجة فى الأسواق.

٨- زيادة معدلات فقد الماء من الدرنات وسرعة ذبولها.

وتفيد معاملة درنات البطاطس سطحيًّا بالكاتيكول catechol فى سرعة الكشف عن الأضرار التى حدثت بالدرنات أثناء عملية الحصاد وأحدثت بها جروحًا سطحية. ونظرًا لأن البقع السوداء blackspots نادرًا ما تكون مصاحبة بجروح فى جلد الدرنة؛ لذا فإنه لا يمكن الكشف عنها بالكاتيكول. أما الدرنات المخدوشة فإنها تبدأ فى التلون بعد ٦-١٢ ساعة من حدوث الضرر، وغالبًا ما يلزم مرور ٢٤ ساعة أو مدة أطول من ذلك لوصولها إلى أقصى درجة من التلوين. ويمكن تقصير تلك الفترة بتعريض الدرنات لحرارة عالية سواء أكانت الحرارة جافة أم رطبة، علمًا بأنه لا يمكن معرفة مدى امتداد التلون إلا بعد إزالة جلد الدرنة. أما عند استعمال الكاتيكول فإنه يمكن التعرف على الأضرار فى خلال دقائق معدودة، ولكنها لا تفيد فى تحديد مدى الضرر الكلى.

وتتأثر شدة أضرار الخدوش التى تحدث بالدرنات عند الحصاد بالعوامل التالية:

١- حالة التربة:

تُحدِّد حالة التربة عند الحصاد مدى سهولة انفصال التربة عن الدرنات، فيكون من الصعب انفصال تربة الأراضى الثقيلة والمندمجة والزائدة الرطوبة عن الدرنات، بينما يحدث العكس فى الأراضى الخفيفة والمتوسطة القوام والمفككة والرطبة باعتدال. وأفضل رطوبة أرضية هى ٦٠٪ إلى ٨٠٪ من السعة الحقلية فى الأراضى الصفراء والرملية. وتزداد فرصة حدوث الأضرار فى الأراضى الثقيلة والجافة ذات القلاقيل، نظرًا لأنها تمر مع الدرنات خلال آلة الحصاد. وكلما ازدادت صعوبة فصل التربة عن الدرنات كلما ازدادت الحاجة إلى الاهتزازات بسيور آلة الحصاد؛ بما يعنى حدوث مزيدًا من الأضرار. وأحيانًا تتسبب الأحجار التى تتواجد فى التربة فى زيادة الأضرار التى تحدث للدرنات.

إن التربة الرملية الجافة تنفصل عن الدرنات عند الحصاد بسرعة كبيرة أثناء تواجدها على السير الناقل الأول؛ مما يزيد من الأضرارالتى يمكن أن تحدث بالدرنات؛ ولذا يجب إعطاء رية خفيفة لترطيب التربة، مما يقلل من سرعة انفصالها عن الدرنات. وإذا لم يكن الرى ممكنًا تتعين زيادة سرعة آلة الحصاد لزيادة تواجد التربة مع الدرنات على السيور الناقلة الأولى والتالية.

أما إذا كانت التربة زائدة الرطوبة فإن ذلك يعنى وصول كمية زائدة من التربة مع الدرنات على السيور الناقلة، وتواجه هذه المشكلة بإبطاء سرعة آلة الحصاد؛ لكى تقل كميات التربة التى تنتقل مع الدرنات. وفى كل الحالات يجب أن تُحمل تربة مع الدرنات حتى نهاية السيور الثانوية.

ويوصى دائمًا بأن تكون نسبة حركة السير الناقل الأولى primary إلى سرعة آلة الحصاد ١,٠-١,٢ فى الأراضى الرملية، و١,٢-١,٥ فى الأراضى الثقيلة، أما السير الثانوى secondary فتكون النسبة ٠,٦٥ أيًّا كان نوع التربة، مع المحافظة على سرعة للسير الثانوى لا تقل عن ٣٣ م فى الدقيقة لتجنب ارتجاع الدرنات (Thornton & Bol ٢٠٠٧).

٢- حالة الدرنات:

يؤدى تأخير الحصاد لمدة ٢٠ يومًا بعد قتل النموات الخضرية إلى زيادة "نضج" الدرنات، حيث تصبح أكثر مقاومة للتسلخ وللإصابة بأضرار الخدوش. كذلك فإن لرطوبة الدرنات أهميتها فى الإصابة بالأضرار حيث تكون الدرنات الممتلئة بالرطوبة أكثر قابلية للإصابة بالخدوش التى تتسبب فيها الضغوط. وأكثر مقاومة للإصابة بالبقع السوداء، بينما يحدث العكس فى الدرنات التى فقدت جانبًا من رطوبتها.

٣- حرارة الدرنات:

بصورة عامة.. تزداد القابلية للإصابة بالخدوش كلما انخفضت حرارة الدرنات، وخاصة عند انخفاض الحرارة عن ١٠ °م. وتكون حرارة الدرنات مماثلة لحرارة التربة المحيطة بها، علمًا بأن الارتفاع أو الانخفاض فى حرارة التربة يتأخر عن الارتفاع أو الانخفاض فى حرارة الهواء بنحو ٣-٤ ساعات. ولذا.. فإن التوقيت المناسب للحصاد أثناء الصيف يكون ابتداء من الصباح الباكر وحتى منتصف النهار. أما التوقيت المناسب للحصاد شتاء فيكون ابتداء من وقت العصر حتى بدايات الليل.

٤- آلة الحصاد وكيفية عملها.

ويتطلب الحد من إصابة الدرنات بالخدوش والجروح ما يلى:

١- قبل الزراعة:

أ- عدم الزراعة فى حقول تكثر بها الأحجار.

ب- تجنب العمليات الزراعية التى تؤدى إلى تكون قلاقيل كبيرة صلبة لا تتفتت أثناء موسم النمو.

٢- أثناء موسم النمو:

إعطاء برنامج تسميد متوازن يسمح ببقاء النموات الخضرية خضراء حتى قبل قتلها بقليل.

٣- تجهيزات قبل الحصاد:

أ- تدريب عمال الحصاد على كيفية الحد من الخدوش.

ب- استخدام سيور مغطاة بالمطاط فى آلات الحصاد والتداول، مع تغيير الغطاء المطاطى كلما تآكل.

ج- ضبط سرعة السير الناقل ليتوافق مع سرعة سير آلة الحصاد، لتأمين تدفق متجانس من درنات البطاطس على كل سير.

د - تغطية أجزاء آلة الحصاد التى يمكن أن تتصادم معها الدرنات - أثناء حركتها - بالمطاط.

٤- قتل النموات الخضرية:

أ- يتم قتل النموات الخضرية قبل الحصاد بنحو ١٤-٢١ يومًا لأجل السماح باكتمال تكوين جلد الدرنات. ولمنع إصابة الدرنات بالبقع السوداء، يفضل قتل النموات الخضرية قبل موت ٤٠٪ منها.

ب- تُعطى رية واحدة قبل الحصاد بما لا يقل عن أسبوع لأجل ليونة القلاقيل ولإكساب الدرنات ما قد تكون قد فقدته من رطوبة.

٥- الحصاد:

أ- لا يُجرى الحصاد إلا عندما تكون حرارة الدرنات ٧-١٨ ْم.

ب- يقلَّل إسقاط الدرنات فى المراحل المختلفة لعملية الحصاد إلى أدنى حد ممكن.

ج- تجنب استخدام سيور هزازة لفصل التربة وقلاقيل الطين عن الدرنات فى آلة الحصاد.

د- جعل نهاية مخرج الدرنات النهائى فى آلة الحصاد من الـ boom قريبة من الشاحنة المجاورة لها.

هـ – عدم السير على الدرنات أثناء تثبيت الغطاء على الشاحنة (Thornton & Bohl ٢٠٠٧).

تصل نسبة الأضرار التى تحدثها عملية الحصاد الآلى إلى حوالى ١٠٪، وتكون فى صورة قطوع، وتشققات، وخدوش، وتسلخات.

ويمكن خفض نسبة هذه الأضرار إلى ٥٪ أو أقل من ذلك بمراعاة ما يلى:

أ– خفض أسلحة آلة الحصاد إلى ما تحت مستوى الدرنات فى التربة. لتجنب قطعها للدرنات، ولضمان انتقالها إلى الآلة وهى على وسادة من التربة؛ ومن ثم تقل احتمالات خدشها.

ب– المحافظة على سرعة آلة الحصاد بين ١,٦ و ٢,٤ كم/ساعة (٢٧,٤–٣٩,٦ م/دقيقة).

ج– المحافظة على سرعة حركة سلسلة الآلة (chain) عند نحو ثمانى دورات فى الدقيقة (٣٨,١–٤٥,٧ م/دقيقة). وتُعد السرعة العالية لسلسلة آلة الحصاد أهم العوامل المؤدية إلى زيادة نسبة الأضرار.

د– خفض اهتزاز الآلة إلى أدنى مستوى ضرورى، مع عدم زيادة الاهتزاز إلا فى ظروف التربة والحصاد التى تستدعى ذلك.

هـ– شد سلسلة الآلة بما يكفى؛ لمنع ارتخائها.

و– تغطية وصلات سلسلة آلة الحصاد ونهاياتها الحادة بالمطاط.

ز– عدم زيادة الارتفاعات التى تسقط منها الدرنات عن ١٥ سم؛ سواء أحدث ذلك فى آلة الحصاد، أم عند انتقال الدرنات إلى سيارات النقل التى تنقلها إلى خارج الحقل (عن Kasmire ١٩٨٣).

٦– فى المخزن:

أ– تكويم الدرنات فى شكل سُلَّمى، أى على شكل هرم مدرج، لتجنب تدحرجها لمسافات كبيرة.

ب- تقليل سقوط الدرنات إلى الحد الأدنى.

ج- المحافظة على رطوبة نسبية عالية ما لم يكن التجفيف ضروريًّا لأجل مكافحة مشاكل الأعفان، مثل الندوة المتأخرة والعفن المائى (Thornton & Bohl ٢٠٠٧).

التداول

تترك الدرنات معرضة للهواء مدة تتراوح بين ساعة واحدة، وساعتين بعد التقليع، حتى تجف البشرة قليلاً، ثم تجمع وتنظف مما يكون عالقًا بها من طين. ويلى ذلك فرز الدرنات، لاستبعاد المصابة، والمجروحة، وغير المنتظمة الشكل.

العلاج التجفيفى أو المعالجة

يكون الغرض من إجراء عملية العلاج التجفيفى curing هو تكوين طبقة فلينية جيدة على جلد الدرنة، وعلى الأسطح المخدوشة، لكى تحميها من الخدش والتجريح، ومن الإصابة بالكائنات المسببة للعفن، ومن فقد الرطوبة والانكماش. وتجرى هذه العملية للدرنات المكتملة التكوين.

أما البطاطس الجديدة (البلية)، فإنها تنقل فور حصادها بعناية إلى مراكز التجميع؛ حتى لا تتعرض هذه الدرنات — غير التامة النضج، والسهلة التقشير — لدرجة الحرارة المرتفعة. ولو لساعة واحدة خلال فترة الحصاد، والتى تكون فى شهرى مارس وأبريل.

طرق إجراء عملية المعالجة

١- تحت ظروف الحقل:

تجرى هذه العملية فى مصر فى جزء مستو من الحقل، ينثر عليه السيفين ١٠٪، ثم يحدد المكان على شكل مستطيل بواسطة بالات من قش الأرز، وتفرغ فيه الدرنات من عبوات الحقل حتى ارتفاع ٨٠-١٠٠ سم، ثم تغطى بعد ذلك بقش الأرز الجاف النظيف بسمك ٤٠-٥٠ سم، مع تعفير طبقات القش بالسيفين ١٠٪، أو بالتوميسيون فى حالة البطاطس المعدة للاستهلاك. ويراعى عدم تعفير الدرنات نفسها، لأن هذه المبيدات

تمنع التئام الجروح، فضلاً عن سميتها للإنسان. وبعد الانتهاء من وضع القش يُعفَّر من الخارج بأحد المبيدات المناسبة لطرد الفئران وفراش درنات البطاطس. وتستغرق عملية العلاج التجفيفى بهذه الطريقة مدة ١٠–١٥ يومًا. ويعرف انتهاء العلاج بصعوبة إزالة قشرة الدرنة بالإبهام.

ويَعْقُب العلاج التجفيفى فرز الدرنات مرة أخرى، لاستبعاد التالف والمصاب منها، ثم تعبأ الدرنات المعدة للاستهلاك المحلى مباشرة فى عبوات التسويق أو التخزين. ومن الأهمية بمكان تجنب ترك الدرنات معرضة لضوء الشمس المباشر، حتى لا تُصاب بالاخضرار. ويجب — أيضًا — تجنُّب قذف الأجولة أو الأقفاص أو إسقاطها، والإهمال فى تداولها، حتى لا تتعرض الدرنات للكدمات، أو التجريح، أو التسلخات؛ فتصبح بذلك عرضة للتلف أثناء الشحن أو التخزين.

٢– عند التخزين فى الثلاجات:

يتطلب تخزين البطاطس فى الثلاجات معالجتها أولاً، وهى العملية التى تحفز السوبرة والتئام الجروح وانخفاض معدل التنفس، والتى تُجرى على ٢٠ ْم مع ٨٠٪ إلى ١٠٠٪ رطوبة نسبية. تكون المعالجة أبطأ كثيرًا على حرارة ١٠–١٢ ْم منها على حرارة ٢٥ إلى ٣٠ ْم. كذلك فإن الرطوبة النسبية التى تقل عن ٨٠٪ تبطئ المعالجة. ويوصى — غالبًا — بإجراء المعالجة على ١٥ ْم للحد من الإصابة بالأعفان. وتكون حرارة البطاطس التى تحصد شتاءً — عادة — أبرد من تلك التى تناسب عملية المعالجة، إلا أن تنفس الدرنات يرفع حرارتها كما يرفع الرطوبة النسبية. ويتم التحكم فى درجة الحرارة خلال تلك الفترة عن طريق مراوح التهوية ليلاً أو نهارًا. وتستغرق عملية المعالجة أسبوعًا واحدًا إلى أسبوعين.

إن التئام جروح البطاطس يحدث أسرع ما يمكن فى حرارة ١٥–١٨ ْم ورطوبة نسبية عالية، حيث تتكون طبقة من السيوبرين فى تلك الظروف فى خلال ٣–٥ أيام. أما استعادة نشاط الخلايا تحت طبقة السيوبرين لاكتمال التئام الجرح فإنه يستغرق ١٠–٢٠ يومًا تبعًا لحالة البطاطس (Voss وآخرون ٢٠٠٧).

يتم أولاً تجفيف الدرنات من أى رطوبة حرة قد توجد عليها؛ وذلك بإمرار تيار من الهواء الدافئ نسبيًّا حولها، ويستمر ذلك لعدة ساعات؛ لحين اكتمال عملية التجفيف السطحى. وهذه الخطوة ضرورية، لأن الدرنات التى يوجد عليها ماء لا تستجيب لعملية المعالجة. وتكون أكثر تعرضًا للإصابة بالعفن. وتبدأ بعد ذلك عملية العلاج التجفيفى التى تستمر لمدة أسبوع، تبقى خلاله الدرنات فى حرارة ١٠-١٥ °م، ورطوبة نسبية من ٨٥٪-٩٥٪.

تعتبر هذه الظروف اختيارًا وسطًا بين الظروف التى تناسب درنات البطاطس، وتلك التى تناسب سرعة اكتمال عملية المعالجة بتكوين بيريدرم الجروح وترسيب السيوبرين، فكلاهما يكون أسرع فى حرارة ٢١ °م، إلا أنه لا يُنصح بذلك؛ حتى لا تتعفن الدرنات فى هذه الحرارة المرتفعة قبل إتمام عملية العلاج، كما أن درنات البطاطس تُناسبها رطوبة نسبية أقل من ٨٥٪، إلا أنه لا ينصح بذلك قبل انتهاء عملية المعالجة، لتقليل فقد الماء من الدرنات إلى أدنى مستوى ممكن خلال تلك الفترة التى تفقد فيها الدرنات رطوبتها بسهولة، إلى أن يتكون بيريدرم الجروح، ويترسب السيوبرين. وعلى الرغم من أن الرطوبة النسبية الأعلى من ٩٥٪ تقلل فقدان الماء بدرجة أكبر، إلا إنه لا ينصح بها حتى لا يتكثف الماء على الدرنات (Lutz & Hardenurg ١٩٦٨).

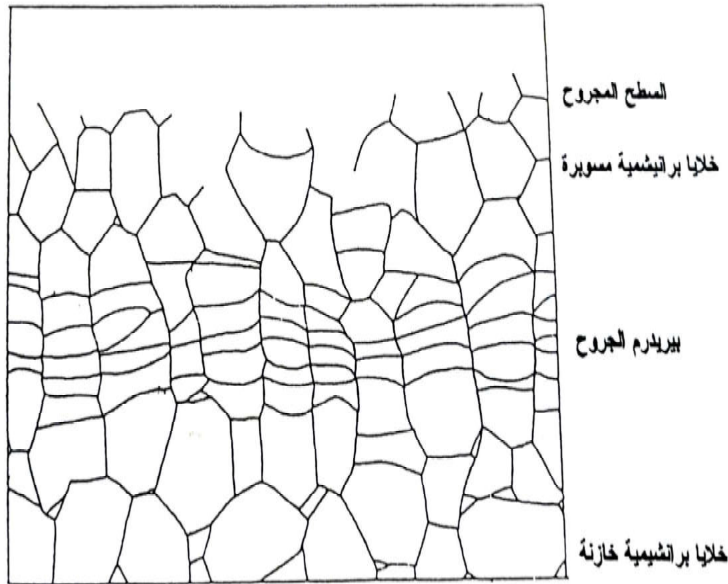
وما أن تنتهى عملية المعالجة حتى يبدأ خفض حرارة المخزن بمعدل درجة واحدة إلى درجتين مئويتين يوميًا حتى الوصول إلى الدرجة المرغوب فيها، مع الرطوبة النسبية المناسبة. ويستخدم نظام الدفع الجبرى للهواء لتأمين تجانس الحرارة فى كل كومة الدرنات بالمخزن. ومن الضرورى المحافظة على رطوبة نسبية تتراوح بين ٩٥٪، و٩٩٪ فى كل الأوقات للحد من انكماش الدرنات وزيادة حساسيتها لكدمات الضغوط (Voss ٢٠٠٤).

تكوين بيريدرم الجروح

تستجيب درنات البطاطس للأضرار التى تحدث بطبقة الجلد بتكوين ما يعرف ببيريدرم الجروح Wound Periderm فى موقع الضرر. يحمى هذا البيريدرم الدرنة من الإصابة بالكائنات الدقيقة ومن فقد الرطوبة.

فبعد حدوث الضرر مباشرةً تبدأ الخلايا تحت الجرح فى التسوبر واللجننة؛ حيث يترسب السيوبرين بامتداد الجدر الخلوية، وينغمد اللجنين فى الصفيحة الوسطى ويبدأ فى الوقت ذاته ظهور جدرٍ خلوية جديدة موازية للسطح المجروح فى عددٍ قليل من الخلايا التى توجد تحت مستوى السطح المجروح (تحت الخلايا التى تسوبر جدرها). ويعد ذلك بداية عملية تكوين الفللوجين phellogen أو الكامبيوم الفلينى cork cambium؛ الذى يكون مسئولاً عن تكوين الخلايا الجديدة؛ وهى: بيريدرم الجروح نحو الخارج، وفيللودرم phelloderm — أحيانًا — نحو الداخل (شكل ١٠–٣).

ويعد التكوين السريع والكامل لبيريدرم الجروح أمر حيويًا لبقاء الدرنات بحالة جيدة؛ وذلك لأنها تتعرض — دائمًا — لأضرار كثيرة أثناء حصادها وتدريجها، فإن لم تُستهلك فى الحال وجب علاجها لتكوين هذا البيريدرم (عن Van der Zaag ١٩٩١، و Thomson وآخرين ١٩٩٥).



شكل (١٠–٣): بيريدرم الجروح.

العوامل المؤثرة فى كفاءة عملية المعالجة

يتأثر التئام الجروح عند إجراء عملية المعالجة بالعوامل التالية:

١- نوع الجرح:

يتكون البيريدرم عميقًا فى أنسجة الدرنة تحت الخدوش، بينما يتكون بيريدرم الجروح Wound periderm على الأسطح المقطوعة مباشرة.

كما يتكون بيريدرم الجروح فى حالة الخدوش السطحية بصورة أبطأ مما فى حالة القطوع.

٢- عمر الدرنات:

تقل قدرة الدرنات على تكوين بيريدرم الجروح مع تقدمها فى العمر بعد الحصاد، ومع زيادة فترة التخزين (Thomson وآخرون ١٩٩٥).

٣- الصنف:

تختلف الأصناف فى سرعة تكوينها لبيريدرم الجروح.

٤- درجة الحرارة:

تزداد سرعة تكوين بيريدرم الجروح بارتفاع الحرارة ما بين ٢,٥ و٢١ ْم.

وبينما تستغرق عملية سوبرة الخلايا التى تقع تحت الجروح مباشرةً بين ثلاثة أيام وستة أيام فى حرارة ٢٠ ْم، فإنها تتطلب ٧ أيام إلى ١٤ يومًا فى حرارة ١٠ ْم، و٣ أيام إلى ٦ أسابيع فى حرارة ٥ ْم. وبالمثل.. تستغرق عملية تكوين بيريدرم الجروح ٣-٥ أيام فى حرارة ٢٠ ْم، و٧ أيام إلى ١٤ يومًا فى حرارة ١٠ ْم، و٤ أسابيع فى حرارة ٥ ْم.

٥- الرطوبة النسبية:

يقل تكوين البيريدرم فى كل من الرطوبة النسبية الشديدة الانخفاض والشديدة الارتفاع على حدٍّ سواء؛ لأن السطح المجروح يجف فى الرطوبة المنخفضة، وتتكون

قشرة crust تمنع أو تؤثر كثيرًا تكوين البيريدرم. أما فى الرطوبة العالية جدًّا، فتتكون على الأسطح المقطوعة تجمعات من الخلايا تعوق تكوين البيريدرم.

وبينما تعد رطوبة نسبية مقدارها ٩٨٪ مثالية لالتئام الجروح فى حرارة ١٠ ْم، فإن الالتئام لم يكن سريعًا فى رطوبة نسبية أقل من ٩٠٪، ولكن فى حرارة ٢٠ ْم تتساوى سرعة التئام الجروح فى أية رطوبة نسبية تزيد على ٧٠٪ (عن Brecht ١٩٩٥).

٦- تركيز غاز الأكسجين:

يتوقف ترسيب السيوبرين وتكوين البيريدرم فى غياب الأكسجين. وتزداد سرعة كلتا العمليتين بزيادة تركيز الغاز حتى ٢١٪، لكن تكوين البيريدرم لا يبدأ قبل أن يصل تركيز الغاز إلى ٣٪-٥٪، بينما يترسب السيوبرين بدرجة قليلة ابتداء من تركيز ١٪.

٧- تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون:

تؤدى التركيزات العالية من الغاز (من ٥٪-١٥٪) مع التركيز العادى للأكسجين (٢١٪) إلى منع تكوين البيريدرم، وخفض ترسيب السيوبرين.

٨- مانعات الإنبات Sprout inhibitors:

تؤدى العاملات التى تمنع تنبيت الدرنات أثناء التخزين إلى تثبيط تكوين بيريدرم الجروح، سواء أكانت هذه المعاملات فيزيائية مثل التعرض لأشعة جاما، أم كيميائية مثل المعاملة بإستر الميثايل لنفثالين حامض الخليك methyl ester of napthalenacetic acid (Burton ١٩٧٨).

التدريج

تدرج درنات البطاطس حسب الحجم بواسطة آلات خاصة، ويجرى ذلك قبل التسويق؛ وهو الذى قد يكون بعد الحصاد مباشرة، أو بعد التخزين. ويجب فى الحالة الأخيرة رفع درجة حرارة الدرنات إلى ١٠ ْم قبل إجراء عملية التدريج؛ لأن إجراءها وهى باردة يجعلها أكثر عرضة للتجريح وللإصابة بالتبقع الأسود الداخلى.

ويتم أثناء التدريج تقسيم البطاطس إلى رتب لا تتجاوز فيها العيوب الشكلية حدودًا معينة.

المعاملة بمثبطات التزريع

مضار التزريع فى المخازن

إذا لم يتم التحكم فى تزريع الدرنات فى المخازن فإنه يحدث تدهور جوهرى فى جودة الدرنات، وتقل كثيرًا إمكانية تخزينها لفترة طويلة.

يتسبب التبرعم (التزريع) فى حدوث فقد كبير فى الوزن، وقد يعيق تدفق الهواء خلال كومة الدرنات؛ الأمر الذى يرفع من درجة حرارة الكومة، وزيادة المشاكل المرضية.

ويرتبط التبرعم — كذلك — بتحول النشا إلى سكريات، وهو أمر غير مرغوب فيه فى البطاطس المخصصة للتصنيع، بسبب زيادة ذلك لدكنة لونها. أما بطاطس الاستهلاك الطازج فإن التبرعم يجعلها غير مقبولة من قبل المستهلكين.

العوامل المؤثرة فى كفاءة المعاملة بمانعات التزريع

تتباين فترة سكون الدرنات باختلاف الصنف وحرارة التخزين. ويبين جدول (١٠-١) مثالاً لتوضيح ذلك الأمر.

جدول (١٠-١): تباين طول فترة سكون البطاطس (باليوم) فى بعض الأصناف باختلاف حرارة التخزين.

الصنف	حرارة التخزين (°م)		
	٥,٦	٧,٢	٨,٩
Russet Burbank	١٥٠	١٣٥	١٢٠
Ranger Russet	٧٥	٦٠	٥٠
Gem Russet	١٣٥	١١٥	٩٠
Summit Russet	١٥٠	١٢٥	١٠٠
Umatila Russet	١٤٠	١٢٠	٨٠
Bannock Russet	١٣٥	١١٠	٨٠

يُفيد العِلم بطول فترة السكون فى اختيار حرارة التخزين المناسبة للصنف، وفى تحديد متى يمكن المعاملة بمانعات أو مثبطات التبرعم.

ويُعد استخدام بدائل مثبطات التبرعم قليل الجدوى إذا ما وصلت الدرنات إلى نهاية فترة السكون وبدأت بالفعل فى التبرعم.

ويعد التخزين على حرارة منخفضة (٣,٣– ٥,٦ °م) إحدى وسائل تأخير بدء التبرعم. وعلى الرغم من جدوى تلك الطريقة فى تأخير التبرعم، فإن الدرنات قد تبدأ فى التبرعم بمجرد وضعها فى جو دافئ مثلما يكون عليه الحال عند العرض للبيع. كذلك فإن الحرارة المنخفضة تزيد من السكريات المختزلة ولا تناسب البطاطس المعدة للتصنيع (Frazier وآخرون ٢٠٠٤).

المعاملة بالمركبات الكيميائية

إن من أهم المركبات التى تستخدم على نطاق تجارى فى منع تزريع الدرنات (sprout inhibitors) أثناء التخزين — بما يسمح بتخزين البطاطس فى حرارة مرتفعة نسبيًّا تؤخر تراكم السكر فى الدرنات — ما يلى:

١– الماليك هيدرازيد Maleic Hydrazide

يكتب احتصارًا MH وهو ملح البوتاسيوم كمركب 1,2,dihydro-3,6-pyridazinedione.

ولا يُستعل الماليك هيدرازيد maleic hyrazide إلا فى الحقل؛ حيث ترش به النباتات وهى مازالت خضراء بتركيز ٢٥٠٠ جزء فى المليون، وبمعدل حوالى كيلوجرام واحد من المادة لكل فدان قبل الحصاد بنحو ٤– ٧ أسابيع. وإذا أجريت المعاملة فى الموعد المناسب، فإنها تكون فعّالة للغاية فى منع التزريع فى المخازن لمدة خمسة شهور على الأقل، لكن المعاملة المبكرة تؤدى إلى نقص المحصول، وزيادة نسبة الدرنات المشوهة، كما لا تكون المعاملة المتأخرة فعّالة فى منع التزريع. ولم تكن لتلك المعاملة أية تأثيرات على محصول البطاطس أو جودة الدرنات، كما ترتب عليها عدم انكماش

الدرنات أو التدهور فى الجودة أثناء التخزين. وقد تميزت الدرنات التى حُصِلَ عليها من حقول تمت معاملتها بالمركب بانخفاض محتواها من كل من السكريات المختزلة وغير المختزلة عندما خزنت على ٧ ْم (Peterson وآخرون ١٩٥١).

وأفضل وقت للمعاملة إما بعد سقوط البراعم الزهرية مباشرة، وإما حينما يبلغ قطر الدرنات حوالى ٢,٥–٥ سم حسب الصنف. وقد نجحت المعاملة بالماليك هيدرازيد فى تثبيط إنبات براعم جميع الأصناف. ويُحدِث الماليك هيدرازيد تأثيره من خلال منعه لتمثيل البروتين والأحماض النووية؛ ومن ثم منع انقسام الخلايا.

وللمعاملة بالماليك هيدرازيد مميزات أخرى؛ منها ما يلى:

أ– زيادة الكثافة النوعية للدرنات.

ب– خفض تراكم السكريات المختزلة فى الدرنات، والفقد فى وزنها أثناء التخزين.

ج– منع إنبات الدرنات الصغيرة التى تترك فى الحقل عند الحصاد؛ ومن ثم تجنب انتشار الأمراض الفيروسية — التى قد تحملها — فى موسم الزراعة التالى.

ومن عيوب المعاملة بالماليك هيدرازيد أنها تؤدى إلى زيادة الجلوكوز فى الدرنات المخزنة على ٥ ْم بدرجة أعلى من تلك المخزنة فى نفس الحرارة ولكن بدون معاملة (Gichohi & Pritchard ١٩٩٥).

تجرى المعاملة فى الحقل على النباتات السليمة النامية التى لم تتعرض لظروف غير مناسبة، وذلك قبل ما لا يقل عن أسبوعين من معاملة قتل النموات الخضرية. وإذا هطلت الأمطار فى خلال الأربع وعشرين ساعة التالية للمعاملة فإنها تصبح أقل كفاءة، كما لا تجوز المعاملة بالماليك هيدرازيد عند ارتفاع الحرارة عن ٢٩ ْم.

ومن أمثلة المنتجات التجارية للماليك هيدرازيد ما يلى:

Royal MH-30SG	Royal MH-30XTRA
Super Stop 80 WS	Super Sprout Stop
Sprout Stop	Maleic Hydrazide 1.5K

٢- مركب سى أى بى سى CIPC (كلوربروفام)

يعرف هذا المركب تجاريًّا باسم كلوربروفام Chlorpropham، وهو أيزوبروبايل-٣-كلوروفينايل كاربامات isopropyl-3-chlorophenylcarbamate ويكتب اختصارًا: CIPC.

تؤدى المعاملة إلى منع التزريع نهائيًا فى المخازن (لمدة تزيد على ثلاثة شهور) عندما تكون ظروف التخزين جيدة.

وتجرى المعاملة بالمركب بإحدى الطرق التالية:

أ- تعفيرًا أثناء دخول الدرنات فى المخازن.

ب- تبخيرًا فى المخازن، مع ضرورة التحكم فى التهوية وسرعة الهواء؛ لضمان توزيع المادة جيدًا.

ج- بغمر الدرنات فى محلول مائىٍّ، أو مستحلب شمعىٍّ من المادة بتركيز ٠,٥٪ قبل التخزين، أو أثناء الغسيل والتدريج قبل التعبئة.

د- تعبئة الدرنات فى أكياس ورقية ذات أسطح داخلية معاملة بالمادة. ويكفى ٢٠-٣٠ جم من المادة لكل طن من الدرنات.

يستخدم CIPC كمثبط لتزريع درنات البطاطس فى المخازن فى جميع أنحاء العالم. وتعتبر المعاملة بالتبخير أفضل الطرق، وتجرى بتسخين المركب مع الاستعانة بموّلد ضباب aerosol generator لحقن المركب كغاز فى هواء المخزن. ويلزم تواجد المركب بتركيز لا يقل عن ٢٠ جزءًا فى المليون فى قشرة الدرنة؛ لوقف إنبات البراعم.

وكما هو معروف يُستعمل المركب CIPC كضباب fog (جزيئات كروية بقطر حوالى ٥ ميكروميتر) فى منع التزريع أثناء التخزين لفترة طويلة. وقد تبين إمكان استعمال هذا المركب كبخار بتركيز أقل جوهريًّا مع احتفاظه بكفاءته فى منع تزريع الدرنات (Gouseti وآخرون ٢٠١٥).

أدت معاملة مخازن البطاطس بالـ CIPC بتركيز ١٪ إلى تأخير تزريع الدرنات خلال ١٨٠ يومًا من التخزين على ٥ أو ١٥ °م. وقد أدى التخزين لتلك الفترة على ٥ °م إلى زيادة السكريات المختزلة بنسبة ١٪؛ مما أدى إلى زيادة دكنة لون الشبس المصنع منها، بينما كان لون الشبس أفضل ما يكون عندما كان تخزين الدرنات لتلك الفترة على ١٥ °م (Choi وآخرون ١٩٩٦).

ويُحدث المركب تأثيره من خلال منعه لتمثيل البروتين.

ومن بين التأثيرات الأخرى المفيدة التى تحدثها المعاملة بالسى آى بى سى تقليل الفقد فى الوزن، وتثبيط أيض السكروز، ومنع فقد فيتامين ج أثناء التخزين.

ويعيب مادة الـ CIPC أنها تمنع تكوين بيريدرم الجروح، وتمنع انقسام الخلايا تحت الأسطح المقطوعة مباشرة، وتقلل من ترسيب السيوبرين؛ الأمر الذى يزيد من فرصة إصابة الدرنات المعاملة بالعفن، إلا إذا أجريت المعاملة بعد بضعة أسابيع من الحصاد حينما يكتمل التئام الجروح.

كذلك قد تحفز التركيزات المنخفضة جدًّا من المركب نمو البراعم داخليًّا Internal Sprouts، وذلك عيب فسيولوجى، وتظهر هذه الحالة أحيانًا عندما تؤدى المعاملة إلى موت البرعم الطرفى دون التأثير على البراعم الأخرى (عن Weaver ١٩٧٢).

٣- مركب آى بى سى IPC (بروفام)

يعرف البروفام Propham بالاسم الكيميائى أيزو بروبايل-٣-فينايل كاربامات isopropyl-3-phenylcarbamate (يكتب اختصارًا: IPC)؛ وهو قد يستعمل منفردًا، أو مع الكلوربروفام (CIPC) بعد خلطهما معًا بنسب متساوية بمعدل ١ جم من المخلوط لكل طنٍّ من الدرنات. ويلزم إجراء عملية العلاج التجفيفى للدرنات؛ للمساعدة على التئام الجروح فيها قبل معاملتها بهذين المركبين؛ لأنهما يمنعان تكوين بيريدرم الجروح.

وتؤدى المعاملة بالبروفام إلى منع تزريع الدرنات لمدة لا قل عن ثلاثة شهور. وعندما عوملت الدرنات بمخلوط المركبين معًا فى صورة مسحوقٍ، لم يتبق فيها — بعد

شهر من المعاملة — سوى آثار من البروفام. ولكن عندما عوملت الدرنات بالكلوروبروفام فقط — على صورة ضباب aerosol — وجدت آثار من كلا المركبين — بروفام وكلوروبروفام — بعد انتهاء فترة التخزين، وأدى تقشير البطاطس قبل تقدير متبقيات المركبين إلى نقص تركيزهما بدرجةٍ كبيرةٍ (Conte وآخرون ١٩٩٥).

٤- مركب تى سى إن بى TCNP

كان الهدف من استعمال مركب تتراكلورونيتروبنزين 2,3,5,6-tetrachloro-1-nitrobenzene فى بداية الأمر هو مكافحة فطر *Rhizoctonia solani* على نموات الدرنات التى تستخدم كتقاوٍ. وقد طوِّرت المعاملة بعد ذلك؛ لمنع تزريع الدرنات فى المخازن التى لا يمكن خفض حرارتها عن ٧ ْم. ويستعمل المركب فى صورة التحضير التجارى فيوزاركس Fusarix، بمعاملة كلٍ من الدرنات المعدة للاستهلاك، وتلك المعدة لاستعمالها كتقاو عندما تكون فترة سكونها قصيرةً؛ ذلك لأن المركب لا يوقف إنبات البراعم بصورة نهائية.

يستعمل هذا المركب تعفيرًا بمعدل ١٠٠ جم من المادة الفعالة لكل طِنٍّ من الدرنات أثناء وضع المحصول فى المخازن. ويحتوى التحضير التجارى تكنازين technazine على ٥٪ من المادة الفعالة. وتوقف المعاملة إنبات البراعم لفترات كبيرة. وتؤدى تهوية الدرنات لعدة أسابيع إلى تخليصها من المركب، واستعادة مقدرتها على الإنبات؛ لذا.. يمكن استعماله فى معاملة تقاوى البطاطس عند الرغبة فى تخزينها بدون تزريع. ومن بين جميع المركبات المستعملة فى معاملة الدرنات بعد الحصاد لمنع تزريعها، نجد أن الـ TCNB يعد المركب الوحيد الذى لا يؤدى استعماله إلى زيادة نسبة الدرنات التى تصاب بالعفن إذا أجريت المعاملة قبل التئام الجروح (Ewing وآخرون ١٩٦٧).

٥- مركب إم إى أن أى MENA

يعرف هذا المركب بالاسم الكيميائى ميثايل إستر نفثالين حامض الخليك methyl ester of napthaleneacetic acid (اختصارًا: MENA)، وهو يستعمل على صورة مسحوق بمعدل ٢٥–٥٠ جم منه لكل طن من الدرنات حسب طريقة المعاملة، وفترة

التخزين المرغوبة، فقد تجرى المعاملة بواسطة تعفير الدرنات مباشرة بمعدل ٢٥ جم لكل طن من الدرنات بعد خلط المادة ببودرة التلك، أو بالتربة الناعمة؛ لضمان تجانس توزيعها. ويفضل استعمال التربة؛ لأن اللون الأبيض الذى تتركه البودرة لا يكون مرغوبًا فيه. وقد تتم المعاملة بتشبيع نوعٍ خاصٍ من الورق بالمركب، ثم يخلط بالدرنات بمعدل ٥٠ جم من المادة لكل طن من الدرنات؛ ذلك لأن المركب يتحول إلى الصورة الغازية فى حرارة الغرفة (عن Stalknect ١٩٨٣).

كما يمكن إدخال المركب فى صورة غازية مع الهواء الخارجى المستعمل فى التهوية، مع وقف إدخال أى هواء خارجى إضافى لمدة ٢٤–٤٨ ساعة بعد المعاملة، ولكن مع تشغيل أجهزة التهوية لتحريك الهواء داخل المخزن؛ وذلك لضمان وصول المركب إلى جميع الدرنات فيه (Talburt & Smith ١٩٥٩).

هذا.. وليس للمعاملة بهذه المادة أى تأثير على طعم الدرنات، أو صلاحيتها للاستهلاك، لكن عيبها الرئيسى هو أنها تمنع تكوين بيريدرم الجروح؛ مما يزيد من فرصة تعفن الدرنات إذا جرحت بعد إجراء عملية العلاج التجفيفى. ولا تعامل الدرنات المعدة لاستعمالها كتقاوٍ بهذه المادة، لكن يمكن تنبيت الدرنات المعاملة بغسلها بالماء والصابون، ثم معاملتها بالإيثيلين كلوروهيدرين (عن Avery وآخرين ١٩٤٧).

٦– مركب دى أى بى إن DIPN

كانت المعاملة مرتين بالـ diisopropylnaphthalene (اختصارًا DIPN) — كما فى المنتج التجارى Amplify بمعدل ٣٠٠ مجم/كجم من الدرنات الطازجة بنفس فاعلية الـ CIPC بتركيز ٢٢ مجم/كجم فى منع تزريع الدرنات خلال ١٠ شهور من التخزين. أما الـ 1,4-dimethylnaphthalene (اختصارًا: DMN) — كما فى المنتج التجارى Sight – فكان مؤثرًا أيضًا فى منع التزريع، ولكن ليس بنفس قوة الـ DIPN أو الـ CIPC. وقد كانت معاملة واحدة بأى من الـ DIPN أو الـ DMN بمعدل ٣٠٠ مجم/كجم كافية لمنع التزريع على المدى القريب. وقد أوضح التحليل أن متبقيات كلاً من الـ DIPN والـ DMN كانت بعد ١٠ شهور من التخزين مماثلة لمتبقيات الـ CIPC أو أقل منها (Lewis وآخرون ١٩٩٧، و Afex & Kays ٢٠٠٤).

٧- مركب ١، ٨ سنيول

على الرغم من أن المعاملة بالـ 1,8-cineole كانت أكثر فاعلية عن معاملة بالـ CIPC فى منع تزريع البطاطس خلال ٢٥ أسبوعًا من التخزين، إلا أن الدرنات المعاملة بالـ cineole كانت أعلى محتوى من كل من السكروز والسكريات المختزلة، وكان لون البطاطس المقلية المجهزة منها أكثر دكنة عما كان عليه الحال فى المعاملة بالـ CIPC ومعاملة الكنترول (Daniels-Lake وآخرون ١٩٩٦).

٨- الإثيلين

يؤدى خفض تركيز الإثيلين فى هواء مخازن البطاطس إلى تقليل تزريعها، إلاّ أن تقليل بزوغ النبت ونموه يتطلب خفض تركيز الإثيلين إلى أقل من ٠,٠١ جزء فى المليون (Wills وآخرون ٢٠٠٣).

وقد أدى استمرار تعريض درنات البطاطس للإثيلين بمعدل ١٦٦ ميكرومول لكل م^{٣} من المخزن إلى الحد من تزريع الدرنات والحد من نمو النبت فى الدرنات التى حدث فيها تزريع، إلا أن البطاطس المحمرة المجهزة منها كانت أكثر دكنة عن تلك التى جهزت من درنات عوملت بالـ CIPC (Prange وآخرون ١٩٩٨).

وفى دراسة خزنت فيها الدرنات لمدة ٢٥ أسبوعًا على ٩ْم وعوملت — بصورة منتظمة — بتركيزات ٠,٤، و٤، و٤٠، و٤٠٠ جزء فى المليون من الإثيلين، مقارنة بعدم المعاملة أو بالمعاملة بالـ CIPC بدون إثيلين مع التخزين فى نفس الظروف، كانت لمعاملة الإثيلين تأثيرًا واضحًا فى منع التزريع تناسب طرديًّا مع التركيز المستخدم منه. وبينما كانت تركيزات ٤، و٤٠، و٤٠٠ جزء فى المليون من الإثيلين مماثلة فى فاعليتها لمعاملة الـ CIPC، فإن تركيز ٠,٤ جزء فى المليون كان وسطًا فى تأثيره على التزريع بين معاملة الـ CIPC والكنترول غير المعامل. وقد حدثت زيادة فى دكنة الشبس المجهز من الدرنات التى عوملت بالإثيلين فى خلال خمسة أسابيع من التخزين، ولكن تلك الزيادة تناقصت بعد ذلك، وإن بقيت دكنة لون الشبس بعد ٢٥ يومًا من التخزين

أعلى فى معاملة الإثيلين بتركيز ٤، و٤٠ جزءًا فى المليون عما كان عليه الحال فى معاملة الـ CIPC. كذلك لم يختلف الفقد فى الوزن بين معاملات الإثيلين ومعاملة الـ CIPC، بينما بلغ الفقد ٥٠٪ بعد ٢٥ أسبوعًا من التخزين فى معاملة الكنترول (Daniels-Lake وآخرون ٢٠٠٥).

وينعدم تزريع الدرنات بالمعاملة المستمرة بالإثيلين فى المخازن بتركيز ٤ ميكرومول/لتر، إلاّ أن تلك المعاملة تؤدى إلى دكنة الشبس المصنَّع من الدرنات المعاملة، ولكن تقل الدكنة بجعل المعاملة بالإثيلين لمدة يوم كل يومين أو يوم كل أربعة أيام.

ويكن تقليل متبقيات الـ CIPC بالدرنات، والحد من دكنة الشبس المصنَّع منها بالجمع بين معاملتى الـ CIPC والإثيلين، ولكن بتركيز منخفض من الـ CIPC، والمعاملة المتقطعة بالإثيلين (Daniels-Lake وآخرون ٢٠١١).

وكما أسلفنا بيانه.. فإن تعريض الدرنات المستمر للإثيلين (١٠ ميكروليتر/لتر) يمنع تبرعمها ويُطيل من فترة صلاحيتها للتخزين. وقد وجد أن معاملة الدرنات المخزنة على ٦ °م بالـ 1-MCP لمدة ٢٤ ساعة، وبالإثيلين المستمرة فور ظهور أولى علامات التبرعم (وليس من بداية التخزين) كانت بنفس كفاءة المعاملة المستمرة منذ البداية فى منع التبرعم، مع ما فى ذلك فى توفير فى التكلفة، كما لم يكن للمعاملة المتأخرة تأثيرًا يذكر على محتوى السكر بالدرنات مقارنة بالمعاملة المستمرة من بداية التخزين (Foukaraki وآخرون ٢٠١٤، و٢٠١٦).

وربما يلعب حامض الأبسيسك والسكروز دورًا فى تثبيط التبرعم فى الدرنات المعاملة بالإثيلين، ولكن يبدو أن هناك عوامل أخرى تلعب دورًا فى هذا الشأن (Foukaraki وآخرون ٢٠١٦).

هذا إلاّ أن الإثيلين لم يشع استخدامه تجاريًّا لمنع التزريع فى درنات البطاطس.

٩- فوق أكسيد الأيدروجين

كان معدل التزريع (وجود نموات برعمية يزيد طولها عن ملليمترين) فى درنات

البطاطس التى عوملت مرة واحدة أو أربع مرات (مرة كل خمسة أسابيع) بأى من فوق أكسيد الأيدروجين بلص hydrogen peroxide plus (اختصارًا: HPP)، أو بالـ chlorpropham (اختصارًا: CIPC) كضباب قبل وأثناء تخزينها لمدة ٦ شهور على ١٠ ± ١ ْم كما يلى (Afek وآخرون ٢٠٠٠):

المعاملة	معدل التزريع (٪)
HPP ٤ مرات	صفر
CIPC ٤ مرات	صفر
الكنترول	٨٤
HPP مرة واحدة	٦١
CIPC مرة واحدة	٥٨
الكنترول	٨٧

وتكون المعاملة بفوق أكسيد الأيدروجين من خلال نظام الترطيب humidification system (Frazier وآخرون ٢٠٠٤).

لقد أدت معاملة درنات البطاطس المخزنة لمدة ٦ شهور على ١٠ ± ١ ْم — أربع مرات — بفوق أكسيد الأيدروجين بلص hydrogen peroxide plus إلى وقف تنبيهًا تمامًا، مثل تلك التى عُوملت بالـ CIPC، بينما أنبتت درنات معاملة الكنترول خلال تلك الفترة بنسبة ٨٤٪. هذا.. بينما أنبتت الدرنات التى خُزِّنت لنفس المدة وتحت نفس الظروف مع معاملها مرة واحدة فقط بفوق أكسيد الأيدروجين بلص بنسبة ٦١٪ (Afek ٢٠٠٠).

يُعد فوق أكسيد الأيدروجين من بدائل مثبطات التبرعم، وهو يُسمح باستخدامه فى البطاطس المعتمدة عضويًّا (Frazier وآخرون ٢٠٠٤).

١٠- مركب نونانول Nonanol

يوجد مركب ٣-٥-٥ تراى ميثايل هكسان -١- أول 3-5-5-trimethylhexan-1-ol

(نونانول) فى صورة سائلة، وهو يستعمل على صورة بخار بتركيز ٠,١ ملليجرام/لتر من الهواء الذى يُدفع فى جو المخزن بمعدل ١٠ م^{٣}/طن من الدرنات/ساعة، ويظل تأثير المعاملة ساريًّا لمدة ٢–٣ أسابيع بعد انتهائها، وبداية تهوية المخازن؛ وعليه فإنه يمكن الاقتصاد فى استعماله بإجراء المعاملة لمدة أسبوعين، يعقبها أسبوعان بدون معاملة، وهكذا. ويلزم ٣٥ كجم من المركب لكل ١٠٠ طن من الدرنات لكل أسبوعين من المعاملة (Burton ١٩٧٨).

١١– مركبات أخرى

من المركات الأخرى التى استعملت بنجاح فى منع تزريع الدرنات فى المخازن ما يلى:

propargyl alchol	nonyl alchol
dipropargyl ether	decyl alchol
2-ethyl butanol	2,5,5-trimethyl-1-1-hexanol
salicyaladehyde	2-ethyl hexanol
	1,4-dimethylnaphthalene (DMN)

وفى دراسة عوملت فيها درنات بطاطس من الصنف رصت بربانك قبل تخزينها بمثبطات التبرعم:

isopropyl-N-(3-chlorophenyl) carbamate (CIPC)
1,4-dimethylnaphthalene (DMN)
salicyladehyde
cineole

وُجد بعد ١٦ أسبوعًا من التخزين على ٧°م أن نسبة السكريات المختزلة تراوحت فى كل المعاملات بين ١٠,٥، و١١,٨ مجم/جم وزن جاف، وهو ما يُعد مقبولاً لصناعة الشبس (Yang وآخرون ١٩٩٩).

ولقد عُرف المركب 1,4-dimethylnaphthalene (اختصارًا: 1,4 DMN) كمانع

لتبرعم درنات البطاطس أثناء التخزين منذ سبعينات القرن الماضى، وسُجِّل للاستخدام كمركب آمن لهذا الغرض فى الولايات المتحدة فى عام ١٩٩٦. وفى دراسة عُومِلت فيها درنات البطاطس بهذا المركب بمعدل ٥٦ ميكروليتر/كجم وخزنت على ١٥ ± ٢ °م لم يحدث بها تبرعم لأكثر من ٥٠ يومًا. وقد توقفت فترة تأثير المركب فى منع التبرعم على الوقت الذى يستغرقه انخفاض تركيزه إلى حد معين (الأمر الذى يتباين باختلاف الأصناف)، وتراوح هذا التركيز بين ١,٢، و٢,٧ جزءًا فى المليون؛ حيث لم يكن المركب بهذا التركيز مؤثرًا فى منع التبرعم (de Weerd وآخرون ٢٠١٠).

المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية – سى UV-C

أدى تعريض درنات البطاطس لجرعة متوسطة (٥–٢٠ كيلوجول/م٢) من الأشعة فوق البنفسجية UV-C إما عند الحصاد، وإما عند بداية انتهاء حالة السكون إلى تثبيط التزريع وطول النموات دون حدوث أى تأثيرات سلبية على نوعية الدرنات (Cools وآخرون ٢٠١٤).

المعاملة بالمستخلصات النباتية الطبيعية والزيوت الأساسية

تُفيد المعاملة ببعض الزيوت الأساسية لأعشاب وتوابل فى خفض تبرعم درنات البطاطس ويمكن استخدامها فى البطاطس المعتمدة عضويًّا. وتلك الزيوت متطايرة، وتتضمن زيت النعناع spearmint oil وزيت النعناع الفلفلى peppermint oil، وزيت القرنفل clove oil. كذلك يُفيد استخدام فوق أكسيد الأيدروجين فى تثبيط التبرعم، ويسمح — كذلك — باستعماله فى البطاطس المعتمدة عضويًّا.

ولا تُعد تلك البدائل مانعات للتبرعم sprout inhibitors تمنع انقسام الخلايا، وإنما هى مثبطات للتبرعم sprout suppressants بإتلافها البراعم فى بداية نموها. ونظرًا لأن براعم جديدة يتوالى تكوينها، فإن تكرار المعاملة على فترات يُعد ضروريًّا (Frazier وآخرون ٢٠٠٤).

تكون المعاملة بزيت النعناع وزيت النعناع الفلفلى باستخدام شرائط ورقية ماصة

مشبعة بالزيت فى عبوة الدرنات، أو استخدام تلك الشرائط كذُبالة wick يمرر عليها تيار الهوار الذى يُدفع خلال الدرنات.

أما زيت القرنفل (كما فى المنتج التجارى Biox-C) فإنه يُستخدم مدفًّأ كأيروسول thermal aerpsol.

يجب توقيت المعاملة بتلك البدائل — وكذلك بفوق أكسيد الأيدروجين — قبل أن يزيد طول البراعم النابتة عن ٣ مم، وإلاّ فإن المعاملة لا تنجح إن تأخرت عن تلك المرحلة.

وجدير بالذكر أن عدم مداومة المعاملة يترتب عليها زيادة فى التبرعم نظرًا لكثرة البراعم الجديدة التى تنبت بعد موت البرعم القمى.

وقد يكون لاستعمال تلك البدائل مزايا أخرى، أهمها خفض الإصابات المرضية. وقد ثبت خفض الإصابة، بالقشف الفضى فى الدرنات المعاملة بزيت القرنفل (Frazier وآخرون ٢٠٠٤).

أحدثت المعاملة بالزيوت المستخلصة من كلٍّ من الخزامى (اللافندر lavender) *Lavandula angustifolia*، وحصى البان (الروزمارى rosemary) *Rosmarinus officinalis*، والمَرْيَمَية أو القَصْعين (السيج Sage) *Salvia fruticosa*.. أحدثت جميعها تثبيطًا لإنبات براعم درنات البطاطس التى عوملت بها، كما أحدثت المعاملة بالأعشاب ذاتها تأثيرًا مماثلاً للمعاملة بالزيوت المستخلصة منها. وكان التأثير المثبط مؤقتًا؛ حيث أنبتت البراعم بصورة طبيعية بعد زوال تأثير المعاملة (Vokou وآخرون ١٩٩٣).

كذلك وُجد أن مركب الكارفون carvone الذى يتوفر فى زيوت بذور الكراوية والشبت قادر على تثبيط إنبات براعم درنات البطاطس بنفس كفاءة المعاملة بالـ IPC، أو بالـ CIPC. وقد امتد تأثير المعاملة لفترة طويلة دامت لمدة ٢٥٠ يومًا، انخفض بعدها تركيز المركب فى الدرنات المعاملة إلى جزء واحد فى المليون، ولكن أمكن للبراعم أن تنبت بعد

زوال أثر المعاملة التى يعتقد أنها ثبطت نشاط إنزيم hydroxymethylglutaryl-CoA reductase (Hartmans وآخرون ١٩٩٣).

ويستعمل الكارفون فى أوروبا تحت الاسم التجارى تالنت Talent؛ لمعاملة البطاطس المعدة للاستهلاك الطازج، أو لأجل استعمالها كتقاو؛ بهدف منع تزريعها أثناء التخزين، كما تجرى محاولات لاستعمال المركب كمبيد فطرى لمكافحة كلٍّ من الجرب، وعفن فوما، والعفن الجاف.

وقد كانت معاملة الكارفون بنفس فاعلية المعاملة بمخلوط الكلوربروفام chlorpropham مع البروفام propham فى تثبيط تزريع الدرنات. إلاّ إنه يتعين تكرار المعاملة به بمعدل ٠,١ مل لكل كيلوجرام من الدرنات كل ٤-٦ أسابيع أثناء التخزين، ليظل الـ S-carvone متواجدًا دائمًا حول الدرنات؛ علمًا بأنه يمكن استهلاك الدرنات بعد ١٥ يومًا من المعاملة (Reust ٢٠٠٠).

وتؤثر عديد من الزيوت الأساسية فى منع تبرعم درنات البطاطس، ومن بين أكثرها تأثيرًا زيت الخُزامى (اللافندر) lavender. وبدرجة أقل زيوت المريمية sage، وحصى البان rosemary (Afek & Kays ٢٠٠٤).

ويُستخدم — كذلك — فى منع تزريع البطاطس معاملتها بالأحماض الأروماتية — والتى منها حامض الجاسمونك jasmonates– وقت الحصاد (Since Update-USDA– الإنترنت — ٢٠٠٧).

ويستخدم — حاليًّا — الـ S-(+)-carvone (وهو monoterpene يستخلص من بذور الكراوية) تجاريًّا لأجل تثبيط تزريع البطاطس فى المخازن، حتى أصبح منافسًا للـ CIPC الذى يستخدم لهذا الغرض منذ أمد بعيد.

يؤدى التعريض لبخار المركب (S)-(+)-carvone إلى منع نمو براعم درنات البطاطس تمامًا على ٢٣ ْم، دون التأثير على حيويتها (Sorce وآخرون ١٩٩٧).

وهو يستخدم فى هولندا تجاريًّا كمثبط لتبرعم درنات البطاطس فى المخازن، وهو

أكفأ من الصورة carvone-(-) التى تُكسب البطاطس طعمًا غير مقبول. هذا.. ويُحصل على الكارفون من بذور الشبت والكراوية (Bouwmeester وآخرون ١٩٩٥).

وتُعد مستخلصات الـ spearmint والـ peppermint من البدائل التى يمكن استخدامها لمنع تزريع درنات البطاطس فى المخازن. أدت المعاملة بأى منهما مرتين إلى خفض التزريع لمدة ٣٠ يومًا. وقد كان مستخلص الـ peppermint أكثر كفاءة من مستخلص الـ spearmint وقد أعطت المعاملة ثلاث مرات كفاءة عالية فى منع التزريع، ولكنها لم تدم سوى لمدة ٣٠ يومًا من المعاملة الأخيرة. هذا ولم يوجد أى تفاعل تداؤبى بين المعاملة بمستخلص الـ spearmint والمعاملة بالـ CIPC عندما تم الجمع بينهما (Kleinkopf وآخرون ٢٠٠٧).

وقد أمكن فصل مركبين من زيت النعناع، هما: menthone، و neomenthol. كان استعمال مخلوط منهما أكثر فاعلية فى منع تزريع البطاطس عن مركب الـ carvone المستخلص من الكراوية والمستعمل فى هولندا لهذا الغرض. ولقد أدت المعاملة بأبخرة المستخلصات إلى حماية البطاطس من التزريع لمدة ٢–٣ شهور من التخزين (Top Crop Manager – الإنترنت — ٢٠٠٧).

ولقد تبين لدى مقارنة تأثير أبخرة كل من الـ menthone والـ nemomenthol بأبخرة الـ S-(+)-carvone أنهما كانا أكثر فاعلية فى منع تزريع البطاطس بمقدار ١٠ مرات عن الكارفون، وذلك عندما تمت المعاملة بهما — معًا — بتركيز ٠,٥ ميكروليتر لكل لتر (٥ حجم فى المليون) من كل منهما (Coleman وآخرون ٢٠٠١).

ولقد دُرس تأثير المعاملة بالزيوت الأساسية للكراوية والنعناع والكسبرة والكافور فى تثبيط تبرعم الدرنات مقارنة بالمعاملة بالكلوربروفام، ووجد أن الزيوت الأساسية للنعناع والكسبرة كانت أكثرها تأثيرًا فى تثبيط التبرعم، حيث بلغت أكثر من ٦٥٪ إلى ٩٥٪ مقارنة بالكنترول. كذلك منعت تلك الزيوت الأضرار الباثولوجية، علمًا بأن المعاملة بالزيوت لم تؤثر فى نسبة الرطوبة أو المواد الصلبة الذائبة الكلية بالدرنات أو مظهرها أو طعمها مقارنة بتلك الصفات فى الدرنات غير المعاملة (Gomez-Castillo وآخرون ٢٠١٣).

المعاملة ببعض الأنواع البكتيرية

أظهرت الدراسات أن معاملة درنات البطاطس فى المخازن بأى من السلالات البكتيرية VS11:P:12 من *Pseudomonas fluorescens*، أو S11: T: 07 أو S11:P:08 من *Enterobacter* sp. (وجميعها مثبطة للإصابة بالعفن الجاف الفيوزارى) ثبطت تزريع الدرنات حتى بعد ٤–٥ شهور من التخزين بدرجة كانت مماثلة للمعاملة بتركيز ١٦,٦ جزءًا فى المليون من الـ CIPC الذى كان المركب الكيميائى المصنع الوحيد المسجل للاستخدام بعد الحصاد لأجل منع تزريع درنات البطاطس (Slininger وآخرون ٢٠٠٣).

المعاملة بأشعة جاما

من المعروف أن معاملة درنات البطاطس بأشعة جاما يؤدى إلى منع تزريعها أثناء التخزين، ولكن يجب أن يُجرى ذلك بعد الانتهاء من معالجتها وتكوين بيريدرم الجروح.

فعلى الرغم من أن تعريض درنات البطاطس الحديثة الحصاد لأشعة جاما أدّى إلى زيادة نشاط أول الإنزيمات فى سلسلة التفاعلات المؤدية إلى تمثيل اللجنين. وهو phenylalanine ammonia lyase بمقدار خمسة أضعاف عما كان عليه نشاطه فى درنات الكنترول التى لم تُعامل، فإن تمثيل اللجنين انخفض بمقدار ٤٠٪، وقد أُرجع ذلك إلى أن نشاط إنزيم آخر أساسى فى عملية تمثيل اللجنين، وهو cinnamyl alcohol dehydrogenese، انخفض فى الدرنات التى عوملت بالإشعاع بنسبة ٣٠٪ (Ramamurthy وآخرون ٢٠٠٠).

مقارنة بين مختلف مثبطات التزريع، وعيوبها، والوضع الحالى لاستخداماتها

من الدراسات التى أجريت لأجل مقارنة فاعلية مختلف مانعات التبرعم، ما يلى:

• قورن تأثير بالمعاملة بالكارفون carvone، والـ dimethylnaphthalene (اختصارًا: DMN)، والإثيلين بالمعاملة بالمركب القياسى التجارى (وهو isopropyl N-(3-chlorphenyl) carbamate) على تزريع البطاطس فى المخازن، ووجد بعد ٢٥ أسبوعًا من التخزين على ٩ْم أن كل المعاملات كانت فعالة فى تقليل التبرعم إلا أنها تباينت فى أعداد النموات ووزنها الكلى حيث كان أشدها تأثيرًا معاملة الـ CIPC وتبعها — تنازليًّا — معاملات الكارفون، فالإثيلين، فالـ DMN، فالكنترول بدون معاملة. وقد كانت معاملة الإثيلين هى أشد المعاملات وطأة فى التأثير السلبى على جودة الدرنات وصلاحيتها للتصنيع، حيث كانت الأكثر محتوى من كل من السكريات المختزلة والسكروز (Kalt وآخرون ١٩٩٩).

• وجد كذلك أن 1,8-cineole كان بنفس فاعلية الـ CIPC فى منع تبرعم درنات البطاطس، ولكن الأوزون لم يكن له تأثير يذكر (Afek & Kays ٢٠٠٤).

ومن أهم عيوب مانعات تبرعم البطاطس المستخدمة تجاريًّا ما يلى:

١- يؤدى كل من الـ isopropyl N-(3-chlorophenyl) carbamate (اختصارًا: CIPC)، والـ propham (يعطى الرمز IPC) إلى تثبيط عملية السوبرة وتكوين بيريدرم الجروح؛ بما يعنى ضرورة المعاملة بهما بعد المعالجة.

٢- يُعامل بالماليك هيدرازايد قبل الحصاد بنحو ٤-٦ أسابيع، وتؤدى المعاملة المبكرة عن ذلك إلى نقص المحصول، بينما لا تكون المعاملة المتأخرة عن ذلك مؤثرة فى منع التزريع.

٣- لا تكون المعاملة بالـ tencazene (يعطى الرمز TCNB) مؤثرة إذا كانت حالة السكون قد كُسِرَت بالفعل، أو كانت التهوية بحجرات التخزين زائدة، أو كان التخزين على أكثر من ١٠ْم (Afek & Kays ٢٠٠٤).

هذا وما زال الـ CIPC مسموحًا باستخدامه فى منع تزريع درنات البطاطس، إلا أن المتبقيات المسموح بها منه فى الدرنات انخفضت — منذ عام ١٩٩٦ — من ٥٠ جزءًا فى المليون إلى ٣٠ جزءًا فى المليون فى الولايات المتحدة، مع احتمال حدوث تخفيضات مماثلة وقيود على استعماله فى دول أخرى.

ومن بين بدائل الـ CIPC التى دُرست واستخدم بعضها تجاريًّا كمثبطات لتزريع البطاطس، ما يلى:

- الزيوت الأساسية، مثل زيوت الكراوية، والنعناع (الـ peppermint، والـ spearmint)، والقرنفل.
- مكونات الزيوت الأساسية، مثل الـ s-carvone، والـ eugenol.
- فوق أكسيد الأيدروجين.

هذا.. إلا أن المعاملة المستمرة بتلك المركبات أثناء التخزين تُعد ضرورية لاستمرار فاعليتها كمثبطات للتزريع.

- مركبا النفثالين، مثل dimethyl naphthalene، و diisopropyl naphthalene (Kleinkopf وآخرون ٢٠٠٣).

الإصابات المرضية ومعاملات الحد منها بعد الحصاد

نظرًا لأن أمراض المخازن الشائعة تتواجد طبيعيًّا فى التربة، فإنها تنتقل إلى المخازن مع الدرنات؛ ولذا فإنه من الضرورى ليس فقط العمل على التئام الجروح للحد من اختراق مسببات الأمراض للأنسجة الداخلية للدرنة، وإنما كذلك خفض درجة الحرارة بأسرع ما يمكن بعد الفرز للحد من انتشاء الأمراض بالدرنات المصابة، ومنها إلى السليمة.

ويستدل مما تقدم على أهمية الحرص أثناء الحصاد والتداول للحد من الخدوش والجروح والقطوع والتسلخات. وإذا ما ظهرت أعراض الإصابة بالندوة المتأخرة أو الأمراض الأخرى على الدرنات يكون من الضرورى سرعة خفض درجة الحرارة حتى بدون معالجة، ولكن مع مراعاة سرعة التخلص من ذلك المحصول فلا يُخزن لفترة طويلة.

هذا.. ويزداد نمو معظم مسببات الأمراض لوغاريتميًّا مع ارتفاع الحرارة من ٤ إلى ٢٧ ْم وبذا. فإن الحرارة المنخفضة تقلل من فرصة الإصابات المرضية أثناء التخزين (Voss وآخرون ٢٠٠٧).

ومن أهم أمراض مخازن البطاطس، والتى تنتقل غالبيتها مع الدرنات، ما يلى:

المرض	المسبب	الأعراض على الدرنات
العفن الوردى pink rot	الفطر *Phytophthora erythoseptica*	تلون بنى يتحول إلى وردى مائى عديم الرائحة
رشح بثيم Pythium leek	الفطر *Pythlum ultimum*	تصبح الدرنة اسفنجية وتتحلل تاركة الجلد سليمًا
العفن الجاف dry rot	الفطر *Fusarium sambucinum*	تُصبح الدرنة سوداء داخليًّا وتظهر عليها بقع غائرة
العفن الطرى البكتيرى bacterial soft rot	البكتيريا *Erwinia caratovora*	عفن طرى مهترى يُصاحَب بإفرازات رمادية إلى بنية ذو رائحة كريهة

ويمكن عن طريق اختبار الـ polymerase chain reaction (اختصارًا: PCR) لعصير درنات البطاطس السليمة تمامًا مظهريًّا التعرف على أى دنا DNA غريب عن دنا البطاطس، والذى يكون — غالبًا — للكائنات الدقيقة المسببة للأمراض، ولكنها لم تظهر فى صورة مرضية بعد. ومن خلال هذا الاختبار السريع يمكن عزل محصول الحقول التى تبدو ملوثة — لتسويقه طازجًا أو لتخزينه لفترة قصيرة — عن محصول الحقول السليمة تمامًا والتى يمكن تخزينها لفترة طويلة (freshino news — الإنترنت — ٢٠٠٧).

ومن الصعب جدًا مكافحة أمراض المخازن فى البطاطس إذا ما حدثت داخل المخازن لسببين، هما:

١– لا يوجد سوى قليل جدًّا من المبيدات المسجلة للاستخدام على البطاطس أثناء التخزين.

٢– قد تساعد ظروف التخزين على سرعة انتشار بعض الأمراض.

ويُعد تطهير المخازن قبل شغلها بالبطاطس أحد أهم الإجراءات التى يتعين اتخاذها لتجنب انتشار الأمراض فيها بعد ذلك، كما يُعد الكلورين — فى تحضيراته المختلفة — أحد أهم بدائل المطهرات الشائعة الاستعمال.

المعاملة بغاز الكلورين

تبين أن تعريض درنات البطاطس لغاز الكلورين بتركيزات تراوحت بين ٢، و٢٠١ ملليجرام/لتر فى الهواء الرطب يثبط نمو بعض المسببات المرضية، ولكن تلك المسببات تتباين كثيرًا فى استجابتها للغاز، من حيث التركيز المؤثر وفترة المعاملة المناسبة. فمثلاً.. كان الفطر *Helminthosporium solani* السطحى التطفل أكثر حساسية عن الفطر *Fusarium sambucinum*، والبكتيريا *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* اللذان يتطفلان عميقًا فى الدرنات. وقلل تعريض الدرنات للكلورين بتركيز ٢مجم/لتر لمدة ٤٠ يومًا– بشدة — من الإصابة بالقشف الفضى silver scurf، بينما تطلبت مقاومة العفن الجاف والعفن الطرى البكتيرى التعريض للغاز بتركيز ٢٠١ ملليجرام/لتر لمدة ١٠ أيام، كما أمكن مقاومة القشف الفضى بالتعريض لتركيز ٢٠ مجم/لتر لمدة يومين (Tweddell وآخرون ٢٠٠٣).

المعاملة بثانى أكسيد الكلورين

يستعمل ثانى اكسيد الكلورين chlorine dioxide كمطهر فى محطات تعبئة وتخزين الخضر والفاكهة، حيث يقتل مختلف الكائنات الدقيقة الممرضة والمسببة للأعفان حسب التركيز المعامل به، وليس لهذا المطهر أى تأثير جهازى، إذا إنه يعمل كمطهر سطحى فقط فعال ضد البكتيريا والفطريات والطحالب والفيروسات.

يعمل المركب من خلال تفاعل أكسدة، مقابل تفاعل الكلورة الذى تعمل من خلاله مركبات الهيبوكلوريت. وثانى أكسيد الكلورين عبارة عن غاز شديد القابلية للذوبان فى الماء، وهو يناسب الاستعمال فى مخازن البطاطس نظرًا لضعف سميته للأنسجة النباتية، ولأنه لا يدوم كثيرًا بعد المعاملة، كما أن استعماله آمن وليس له تأثيرات ضارة على البيئة.

ومن بين الأمور العامة التى يحب أخذها فى الحسبان عند المعاملة بثانى أكسيد الكلورين ما يلى:

١- ضرورة تحضير الغاز فى موقع الاستعمال نظرًا لعدم ثباته الكيميائى عند نقله، ويتم التحضير بعملية تعرف باسم "التنشيط" activation يتم فيها تنشيط محلول مخفف من كلوريت الصوديوم بحامض لإنتاج ثانى أكسيد الكلورين.

٢- قد يترك تكوين مواد جانبية — مثل الـ chlorates والـ chlorites — مخلفات غير مرغوب فيها بالمنتجات الغذائية.

٣- يتوقف التركيز المنتظم لثانى أكسيد الكلورين على درجة الحرارة، والـ pH أثناء عملية التنشيط، وعلى نوع الحامض المستخدم.

٤- قد يشكل انطلاق غاز ثانى أكسيد الكلورين أثناء التنشيط مشكلة أمان بالنسبة للقائمين بالعمل.

ومن بين التحضيرات التجارية المتاحة لمنتجات ثانى أكسيد الكلورين، ما يلى:

التحضير التجارى	الشركة المنتجة
Anthium AGP	International Dioxcide
Purogene	Bio-Cide International

وتجدر الإشارة إلى أن تلك المنتجات التجارية ليست هى ثانى أكسيد الكلورين ذاته؛ وإنما هى مجرد محاليل يُحضر منها المركب المطلوب عند تنشيطها بأحد الأحماض مثل حامض الفوسفوريك أو الستريك، حيث يؤدى انخفاض الـ pH إلى إنتاج المركب الغازى.

على الرغم من فاعلية ثانى أكسيد الكلورين فى الحد من النمو المزرعى لعدد من مسببات أعفان البطاطس، وهى: *Erwinia carotovora* (العفن الطرى البكتيرى)، و *Fusarium* spp. (العفن الجاف)، و *Helminthosporium solani* (القشف الفضى)، فإنه لم يكن مجديًا فى مكافحة أى من *Fusarium* spp. أو *H. solani*، أو

Phytophthora infestans (الندوة المتأخرة) بالدرنات، وقد أُعزى ذلك إلى عدم التحكم الدقيق فى تركيز الغاز بالمخزن.

وعلى الرغم مما تقدم بيانه، فإن ثانى أكسيد الكلورين يصرح به — حاليًّا — لأجل مكافحة الندوة المتأخرة فقط، علمًا بأنه يقتل — كذلك — عددًا من مسببات أعفان البطاطس، مثل بكتيريا العفن الطرى البكتيرى *Erwinia carotovora*، وفُطر العفن الجاف *Fusarium* spp.، وفطر القشف الفضى *Helminthosporlum solani*، إذا ما أُحكم استخدامه.

وتكون المعاملة بثانى أكسيد الكلورين إما مرة واحدة بتركيز ٤٠ جزءًا فى المليون، وإما معاملة أولى بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون تتبعها إما معاملة مستمرة بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون، أو معاملات على فترات بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون.

ولمزيد من التفاصيل عن المركب وطريقة استعماله.. يراجع Olsen وآخرين (٢٠٠٨).

المعاملة بفوق أكسيد الأيدروجين

أدت معاملة مخازن البطاطس بفوق أكسيد الأيدروجين على صورة ضباب إلى انخفاض إصابة الدرنات بالعفن الطرى البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Erwinia carotovora* subsp *catotovora* — بعد خمسة أشهر من التخزين — إلى ٤٪ مقارنة بإصابة بلغت ٢٦٪ فى معاملة الكنترول (Afek وآخرون ١٩٩٩).

وأفادت معاملة مخازن البطاطس بالـ hydrogen peroxide (اختصارًا: HPP) ١٠٪ على صورة ضباب فى مكافحة الفطر *Helminthosporlum solani* مسبب مرض القشف الفضى، فبعد ستة شهور من التخزين عوملت خلالها الدرنات خمس مرات كانت نسبة الإصابة بالمرض ٢٪ مقارنة بنسبة إصابة ٣٨٪ فى الكنترول. أما نسبة الإصابة بعد نفس الفترة مع إعطاء معاملة واحدة بالـ HPP ١٠٪ فقد بلغت ١٦٪. وقد أدت المعاملة بالمركب إلى مقاومة نمو الفطر على جلد درنات البطاطس التى كانت مصابة وقت حصادها (Afek وآخرون ٢٠٠١).

المعاملة بالمبيدات الفطرية

أمكن مكافحة أعفان الدرنات التى تنتج عن الإصابة بالفطر Alternaria solani مسبب مرض الندوة المتأخرة بمعاملة الدرنات — بعد الحصاد — بأى من المركبات التالية:

sodium hypochlorite	captan
triphenyl tin hydroxide	chlorine dioxide
iprodione	captafol

كانت المعاملة بمعدل ٥,٤ أو ٨,٣ لتر من مخلوط من تلك المركبات فعّالة كذلك، إلا أن المعدل الأعلى بدا أكثر فاعلية. وقد كانت جدوى المعاملة أعلى ما يمكن عندما كانت شدة الإصابة فى الدرنات المخزنة (معبرًا عنها بعدد البقع/درنة) منخفضة أو متوسطة، ولكنها كانت أقل كفاءة عندما كانت شدة الإصابة عالية ابتداء (Harrison & Franc ١٩٨٨).

المعاملة بمحفزات المقاومة الطبيعية

أدت المعاملة المبكرة لنباتات البطاطس بأى من المركبين DL-3-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA)، أو fosetyl-aluminium إلى إكسابها مقاومة جهازية ضد الإصابة بالندوة المتأخرة استمرت فى الدرنات بعد الحصاد، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى نشاط الإنزيمين β-1,3-glucanase، aspartic protease بالدرنات. وكذلك فى محتواها من الفينول والفيتوألاكسين (Andreu وآخرون ٢٠٠٦).

وأمكن — كذلك — الحد من مساحة البقع المرضية للفطر *Fusarium sulphureum* فى درنات البطاطس أثناء التخزين بمعاملتها بالشيتوسان بتركيز ٠,٢٥٪. وقد أدت هذه المعاملة — كذلك — إلى زيادة نشاط الإنزيمين peroxidase، و polyphenoloxidase وفى زيادة محتوى الأنسجة من المركبات الفلافونية واللجنين (Sun وآخرون ٢٠٠٨).

المعاملة البيولوجية

أمكن الحد من إصابة درنات البطاطس — أثناء التخزين — بالعفن الجاف الفيوزارى الذى يسببه الفطرين *Fusarium sambucinum*، و *F. solani* var. *coeruleum* بالمعاملة

بالسلالة NRRL Y-2536 من الخميرة *Cryptococcus laurentii*، إلاّ أن المعاملة بالسلالة NRRL B-15132 من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* كانت أكثر فاعلية (Schisler وآخرون ١٩٩٥).

مصادر إضافية

يمكن الرجوع إلى Shetty (١٩٩٦) بخصوص المعاملات التى يتعين إجراؤها للحد من الإصابات المرضية فى المخازن، وفى تهيئة الظروف المناسبة لتخزين الدرنات التى تم حصادها فى ظروف متباينة ومن الحرارة والرطوبة الأرضية.

التخزين

تخزن البطاطس بطريقتين رئيسيتين؛ هما التخزين فى النوالات وفى الثلاجات، ويجب ألا تخزن سوى الدرنات المكتملة النضج والمفروزة جيدًّا.

التخزين فى النوالات

النوالة عبارة عن بناء مظلل يسمح بمرور الهواء بحرية من جوانبه، ومن السقف أيضًا، دون أن تتعرض الدرنات لضوء الشمس المباشر. تُبنى الجدران من الطوب اللبن المرصوص بالتبادل بطريقة تسمح بنفاذ الهواء جيدًا، وتُحمل الأسقف على أعمدة خشبية، وتغطى بالحصير والحطب أو القش بسمكٍ لا يقل عن ٢٥ سم. وتوجد معظم النوالات فى المحافظات الشمالية لدلتا النيل؛ حيث تنخفض درجة الحرارة نسبيًّا.

تُطَهَّر النوالات أولاً قبل استعمالها فى تخزين البطاطس بالسيفين١٠٪، أو بمبيدٍ آخر مناسبٍ لمقاومة فراش درنات البطاطس والفئران.

وعند التخزين تكوم الدرنات فى النوالة فى "مراود" يبلغ عرضها من أسفل ٢ م، وارتفاعها ١,٥ م، وبطول النوالة، ويجب أن يتم التكويم بطريقة تسمح بدخول الهواء بحرية من الجهة التى تهب منها الرياح، وبعد ذلك تغطى الأكوام بقش الأرز بارتفاع ٣٠–٥٠ سم، وترش طبقات القش بمبيدٍ مناسب؛ مثل السيفين ١٠٪، أو الأكتلك ٢٪، أو الثومسيون ٣٪.

تبقى الدرنات مخزنةً فى النوالات من وقت حصاد المحصول الصيفى فى مايو ويونيو إلى وقت زراعة العروة الخريفية فى أغسطس وسبتمبر. ويُراعى الكشف على

الدرنات المخزنة شهريًّا؛ للتأكد من خلوها من الإصابات المرضية والحشرية، مع فرزها وحرق الدرنات المصابة إن وجدت.

وتختلف أصناف البطاطس كثيرًا فى مدى صلاحيتها للتخزين فى النوالات؛ فنجد — مثلاً — أن الأصناف بركة، وديزريه، وباترونس، ودراجا، وألفا.. تخزن بصورة جيدة فى النوالات، بينما لا تتحمل أصناف مثل نيكولا، واسبونتا، وإسنا ظروف النوالات.

وتجدر الإشارة إلى أن الفقد فى الدرنات الذى يحدث أثناء التخزين فى النوالات قد يزيد على ٢٠٪ مقابل نسبة فقد لا تزيد على ٣٪ عند التخزين فى الثلاجات.

ويمكن تقليل الفاقد فى الدرنات المخزنة فى النوالات بمراعاة ما يلى:

١- جعل فتحات التهوية سفلية (من تحت الدرنات مع فرش الدرنات على شباك سلكية دقيقة) وعلوية (من السقف) فقط؛ وبذلك يخرج الهواء الدافئ من أعلى، ويحل محله هواء بارد من أسفل يمر جبريًّا من بين الدرنات.

٢- طلاء النوالة من الخارج باللون الأبيض لعكس الضوء.

٣- وضع مصائد جنسية (فرمونات) وضوئية داخل النوالات (عن وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٤).

التخزين فى الثلاجات

قواعد عامة

يجب قبل تخزين البطاطس ملاحظة الأمور التالية:

١- إذا تعرض حقل البطاطس إلى أى شدٍّ حرارى (بالارتفاع أو الانخفاض)، أو غذائى (بالزيادة أو النقصان)، أو جفافى، أو فيزيائى، أو أى ظروف أخرى غير مناسبة، فإن درناته لا تستجيب لظروف التخزين بنفس استجابة الدرنات التى لم تعانى من ظروف شد بيئى أثناء إنتاجها.

٢- إن الدرنات التى تتعرض للخدش والأضرار أثناء حصادها وتداولها لحين وصولها إلى المخزن قد تحتاج إلى معاملات خاصة لأجل نجاح تخزينها.

٣- يمكن فى مخازن البطاطس الحديثة تخزين الدرنات التى توجد بها أعفان حتى ٥٪ إذا ما اتخذت الإجراءات الكفيلة بالتخلص من الرطوبة الزائدة.

٤- إذا ما ازدادت حالة التحلل الشبكى net necrosis فى الدرنات عند الحصاد، فإن ذلك المحصول يجب أن يسوق دون تخزين، أو فى خلال الستين يومًا الأولى من التخزين.

٥- يجب كذلك العمل على التسويق الفورى دون تخزين للبطاطس التى تظهر بها أعراض شديدة لمشاكل الشدِّ البيئى، مثل النهايات السكرية، والنهايات الجلى Jelly ends، والمحتوى العالى من السكريات.

ونظرًا لأنه يفضل حصاد البطاطس عندما تكون حرارة الدرنات حوالى ١٥ °م، فإن حرارة المخزن يجب ضبطها بحيث تقل عن حرارة الدرنات بنحو ثلاث درجات مئوية، ويفيد التيار المستمر من الهواء بمعدل منخفض فى تجانس حرارة كومة الدرنات. وتجب المحافظة على الرطوبة النسبية عند ٩٠٪-٩٥٪. وبمجرد امتلاء المخزن تجب المحافظة على حرارة الدرنات عند ١٠-١٣ °م لمدة أسبوعين لمعالجتها، ويتضمن ذلك الوقت الذى يمر لحين خفض حرارة الدرنات إلى ١٠-١٣ °م. وبمجرد انتهاء المعالجة يتم تبريد كومة الدرنات إلى الحرارة التى سوف تخزن عليها؛ الأمر الذى يتوقف على الاستعمال المستهدف لها. تُبَرَّد حرارة الكومة إلى الدرجة المطلوبة بمعدل نصف درجة مئوية أسبوعيًّا. هذا.. إلا أن البطاطس المعدة للبيع الطازج يمكن تبريدها سريعًا للحد من إصابتها بالقشف الفضى، ولكن يُعاب على التبريد السريع إمكان تعرض الدرنات التى فى قاع الكومة للفقد الرطوبى الزائد والانضغاط بسبب الضغط الشديد الواقع عليها. كذلك فإن التبريد السريع لا يسمح بالتهوية فى حالة الارتفاع المفاجئ لحرارة الهواء الخارجى؛ الأمر الذى يعرض الدرنات لنقص الأكسجين.

ويتم التعرف على التغير فى حرارة الدرنات إما بقياس حرارة تلك التى توجد فى قمة الكومة أو بقياس حرارة الهواء الخارجى. والذى يجب ألا ترتفع حرارته بأكثر من

درجة واحدة مئوية عن حرارة الهواء الداخل. كذلك يجب ألا تختلف حرارة كومة الدرنات عند القاع عن حرارتها عند القمة بأكثر من درجة مئوية واحدة، ويتم التحكم فى ذلك بتشغيل المراوح فى دورات أقصر (٢–٤ ساعات مع توقف لا يقل عن ساعتين)، علمًا بأن الدورات الطويلة تزيد من الفرق الحرارى بين قاع الكومة وقمتها؛ الأمر الذى تلزم معه زيادة ساعات تشغيل المراوح لأجل تبريد الكومة.

إن لدرجة الحرارة — ابتداء من الحصاد وحتى التخزين — علاقة كبيرة بجودة البطاطس وبمدى تعرضها للإصابة بالأضرار والأعفان.

ومن بين الأسس التى يتعين الالتزام بها للحد من أخطار الانحرافات الشديدة فى درجة الحرارة، ما يلى:

١– إذا كانت الحرارة شديدة الارتفاع والتربة جافة عند الحصاد.. يراعى ما يلى:

أ– تشغيل المراوح ومرطب الهواء humidifier بصورة مستمرة أثناء ملأ المخزن وخلال أول يوم أو يومين.

ب– ضبط حرارة الهواء المدفوع فى كومة الدرنات بحيث تنخفض عن حرارة الدرنات بما لا يقل عن ثلاثة درجات مئوية، ويمكن الاستفادة من الهواء البارد ليلاً، مع تقليل التهوية نهارًا إن كان الجو حارًا، ولكن يتعين مراقبة حرارة الدرنات، لأن التبريد التدريجى للدرنات أفضل من التبريد السريع.

ج– بمجرد وصول حرارة الدرنات إلى ١٠ °م يتعين البدء فى توفير الظروف المناسبة لترسيب السيوبرين.

٢– إذا كانت الحرارة شديدة الارتفاع والتربة زائدة الرطوبة عند الحصاد.. يراعى ما يلى:

أ– تشغيل المراوح بصورة مستمرة مع عدم تشغيل مرطب الهواء إلى أن يتم التخلص من الرطوبة السطحية للدرنات.

ب- قد يكون من المفيد ترك الدرنات بعد تقليعها فى خطوط سطحية معرضة للهواء windrows لفترة — لتفقد رطوبتها السطحية — قبل نقلها.

ج- ضبط حرارة الهواء المدفوع فى كومة الدرنات بحيث تكون أقل من حرارة الدرنات بنحو ثلاث درجات مئوية.

د- ما أن تصل حرارة الدرنات إلى ١٠ ْم يتعين البدء فى توفير الظروف المناسبة لترسيب السيوبرين.

٣- إذا كان الجو معتدل البرودة (١٠-١٥ ْم) والتربة جافة عند الحصاد.. يراعى ما يلى:

أ- فى ظل هذه الظروف تكون حرارة الدرنات مناسبة بالفعل لإجراء عملية المعالجة، ولذا يلزم تشغيل المراوح على فترات متقطعة لأجل توفير التجانس فى حرارة الدرنات بالكومة، والأكسجين اللازم لعملية المعالجة.

ب- محاولة ضبط حرارة الهواء المدفوع فى الكومة ليكون بنفس حرارة الدرنات.

ج- إذا ارتفعت حرارة الهواء الخارجى نهارًا بشدة يمكن إما تقليل دفع ذلك الهواء أو وقفه مع تحريك هواء المخزن الداخلى لتوفير التجانس فى حرارة الكومة.

د- تحتاج البطاطس التى تصل المخزن وهى بتلك الحالة إلى ٢-٣ أسابيع لاستكمال التئام الجروح على ١٠-١٣ ْم مع ٩٥٪ رطوبة نسبية.

٤- إذا كان الجو باردًا (٤,٥-١٠ ْم) والتربة جافة عند الحصاد.. يراعى ما يلى:

أ- تكون الدرنات فى هذه الظروف شديدة الحساسية للإصابة بالخدوش؛ لذا يتعين تداولها بحرص شديد.

ب- لا تكون هناك حاجة إلى حرارة حقل للتخلص منها، ولكن تكون هناك ضرورة لرفع حرارة الدرنات إلى ١٠-١٣ ْم، ويمكن أن يتم ذلك بتشغيل المراوح بصورة متقطعة فقط، مع الاعتماد على الحرارة الناتجة عن التنفس، ويستغرق ذلك فترة قصيرة عادة.

ج- يلزم تشغيل مرطب الهواء مع توقيت تشغيله مع المراوح.

د- تلاحظ أى تغيرات فى حرارة الهواء الخارجى أثناء امتلاء المخزن، والتحكم فى إدارة المراوح تبعًا لذلك.

ه- إذا كان الجو باردًا (٤,٥ — ١٠ °م) والتربة رطبة عند الحصاد.. يراعى ما يلى:

أ- يفيد ترك الدرنات بعد تقليعها فى خطوط سطحية معرضة للهواء لفترة لتفقد رطوبتها السطحية قبل نقلها.

ب- تشغيل المراوح بصورة مستمرة بعد وصول الدرنات إلى المخزن مع عدم تشغيل مرطب الهواء، وذلك لحين التخلص من الرطوبة السطحية.

ج- قد يكون من الضرورى توفير مصدر حرارة لتدفئة الدرنات إلى ١٠-١٥ °م بصورة تدريجية.

د- بعد اكتمال التجفيف السطحى تُوفِّر التهوية المتقطعة الأكسجين اللازم، كما تسمح ببعض التدفئة من الحرارة الناتجة عن التنفس.

هـ- بمجرد وصول حرارة الدرنات إلى ١٠-١٣ °م يتعين البدء فى المعالجة التى تستغرق ٢-٣ أسابيع على ٩٥٪ رطوبة نسبية (Shetty ٢٠٠٧).

ويمكن تقسيم فترة تخزين البطاطس إلى ثلاث فترات أو مراحل، كما يلى:

١- فترة المعالجة curing period:

وهى فترة السوبرة واكتمال والتئام الجروح، وكذلك اكتمال تكوين و"نضج" الدرنات التى لم يكن قد اكتمل تكوينها عند الحصاد؛ حيث تثبت وتسمك فيها طبقة البريدرم خلال فترة الأقلمة. وأفضل حرارة للأقلمة هى ١٠-١٥,٥ °م حسب الاستعمال النهائى المستهدف للدرنات، والصنف، والرطوبة النسبية، والظروف السابقة لنمو المحصول. وتجرى الأقلمة على ١٠ °م عندما يكون الاستعمال المستهدف للدرنات هو تصنيع

البطاطس المحمرة المجمدة، أو المنتجات المجففة، أو البيع فى أسواق المنتجات الطازجة. أما عندما يكون الاستعمال المستهدف هو تصنيع الشبس فإنه يلزم إجراء المعالجة فى الحرارة الأعلى لانخفاض الحد الأقصى المسموح به من السكريات عند تصنيع الشبس، ولأن الأصناف تختلف فى محتواها من السكريات وفى مدى تراكمها فيها فى الحرارة المنخفضة. وتتراوح مدة المعالجة — عادة — بين أسبوع واحد وأسبوعين، يتعين أن تزيد الرطوبة النسبية خلالها عن ٩٥٪ لأجل تحفيز عملية السوبرة، مع الحد من الفقد الرطوبى من الدرنات خلال مدة الأقلمة. وتزداد مدة الأقلمة عن أسبوعين بالنسبة للدرنات الصغيرة غير المكتملة التكوين.

إن المعالجة الجيدة ضرورية لتأمين التخزين دون حدوث تدهور فى الجودة. فعندما يكون الجو دافئًا أو حارًا وقت الحصاد يتعين التخلص من قدر كبير من حرارة الحقل والحرارة التى تنبعث من التنفس؛ مما يتعين الدفع الجبرى للهواء البارد ليلاً. ويُعد التخلص من الحرارة ضروريًّا — كذلك — للحد من الإصابة بالأعفان ولعدم التعجيل بالشيخوخة الفسيولوجية للدرنات، وهى التى تزيد من إنتاج السكريات المختزلة والتزريع المبكر.

٢– فترة التخزين:

تخزن الدرنات — بعد انتهاء فترة المعالجة — على ٤,٤ إلى ١٠ °م تبعًا للاستعمال المستهدف. فالبطاطس المعدة لصناعة الشبس تخزن — بصورة عامة — على ١٠ °م كحدٍ أدنى، بينما تخزن تلك التى تستخدم فى صناعة البطاطس المحمرة على ٧,٣ °م، وتلك التى تُسوَّق طازجة أو تخزن لأجل استعمالها كتقاوٍ على ٤,٤ °م. ولا يجوز تخزين البطاطس المعدة للتصنيع فى الحرارة المنخفضة التى تُساعد على تراكم السكر فى الدرنات ويتدهور فيها القوام. ويفضل — دائمًا — أن تبقى حرارة التخزين ثابتة، وألا تتقلب بين الارتفاع والانخفاض. وتعد الرطوبة النسبة العالية ضرورية للحد من الفقد فى الوزن ولمنع حدوث الخدوش التى تحدثها الضغوط.

٣- فترة التدفئة warming period:

إذا كانت الدرنات قد خزنت فى حرارة تقل عن ١٠ ْم فإنه يتعين تدفئتها إلى تلك الدرجة قبل إخراجها من المخزن لأجل الحد من تعرضها للخدوش والأضرار. كذلك يُساعد وضع الدرنات فى الحرارة العالية لمدة ثلاثة أسابيع أو أكثر من ذلك فى خفض محتواها من السكر.

وباختصار.. فإنه تجرى أولاً عملية العلاج التجفيفى التى تستمر لمدة أسبوع فى حرارة ١٠-١٥ ْم، ورطوبة نسبية تتراوح بين ٨٥٪-٩٥٪. وبعد ذلك تخفَّض الرطوبة النسبية إلى ٨٥٪-٩٠٪، وتخفض درجة الحرارة تدريجيًّا على مدى بضعة أسابيع إلى الحرارة المناسبة للتخزين، وهى ٣-٤ ْم، إلا أن الدرجة المثلى للتخزين تتوقف على المدة المطلوبة للتخزين، وعلى نوعية الاستعمال للمحصول المخزن.

وعمومًا.. فهذه الظروف (أى حرارة ٣ -٤ ْم)، ورطوبة نسبية ٨٥٪-٩٠٪) تناسب تخزين درنات البطاطس لمدة ستة أشهر أو أكثر بحالة جيدة. وبدون تزريع. ولا ينصح بزيادة الحرارة عن ٤ ْم، حتى لو كانت الدرنات فى حالة سكون، لأن الحرارة المرتفعة تزيد من فرصة فقد الرطوبة وانكماش الدرنات، بالإضافة إلى أنها تسرع من كسر حالة السكون وتزريع الدرنات؛ مما يؤدى إلى زيادة معدل انكماشها؛ لأن التزريع يصاحبه انتقال المواد الكربوهيدراتية من الدرنات إلى النموات الجديدة، وزيادة التنفس، مع فقد الرطوبة من هذه النموات بالنتح، كما أن ارتفاع الحرارة لفترات طويلة يؤدى إلى إصابة الدرنات بالقلب الأسود.

ومن جانب آخر يجب الحذر من انخفاض الحرارة لفترات طويلة عن ٣ ْ. حتى لا تتعرض الدرنات لأضرار البرودة أو لأضرار التجمد. وتحدث أضرار البرودة عندما تتعرض الدرنات لحرارة ١,٧ ْم لمدة طويلة، وتتجمد الدرنات فى حرارة -١,٧ ْم.

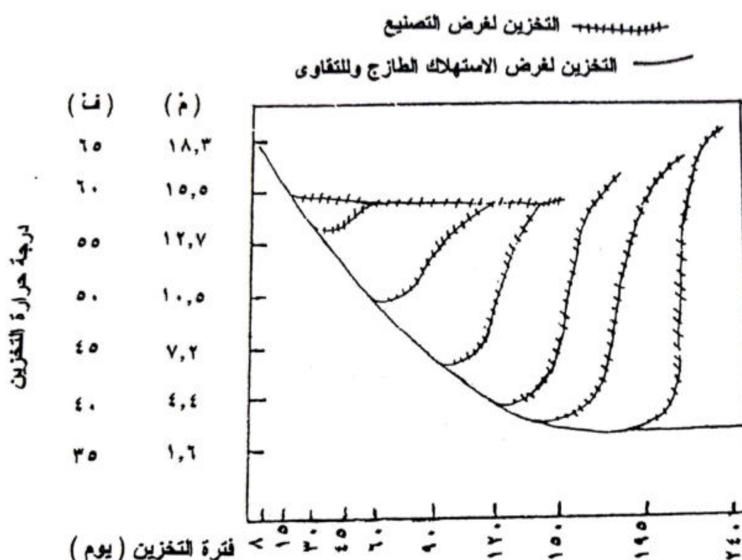
وتعتبر الرطوبة النسبية التى ينصح بها — وهى ٨٥٪-٩٠٪- قيمة وسطًا بين الهواء المشبع، أو القريب من التشبع بالرطوبة، وبين القيم الأقل التى تزيد فيها سرعة

فقد الماء من الدرنات. ويؤدى اقتراب الهواء من التشبع بالرطوبة إلى احتمال تكثف بخار الماء على الدرنات الباردة عند حدوث أى انخفاض فى حرارة المخزن. فمثلاً إذا كانت حرارة المخزن ١٥,٥ ْم (٦٠ ْف)، ورطوبته النسبية ٥٠٪، فإن هواء المخزن يحتوى على ٠,٠٢٥ رطلاً من بخار الماء/٦٠ قدمًا مكعبًا من الهواء، ويحتاج هذا الهواء إلى ٠,٠٥ رطلاً أخرى/٦٠ قدمًا مكعبة، حتى يصل إلى درجة التشبع الرطوبى فى هذه الدرجة، أما إذا انخفضت حرارته إلى ٤,٤ ْم (٤٠ ْف)، فإنه يتخلص من نصف محتواه من الرطوبة بالتكثف على الدرنات الباردة.

تنظيم درجة حرارة المخزن حسب مدة التخزين والهدف منه

من الضرورى تنظيم درجة حرارة المخزن حسب مدة التخزين ونوعية الاستعمال المتوقعة للمحصول المخزن؛ فحرارة ١٣–١٥ ْم تناسب تخزين الدرنات لمدة ١٥ يومًا بعد الحصاد مباشرةً؛ حيث تجرى خلالها عملية العلاج التجفيفى. ويمكن تخزين الدرنات على هذه الدرجة لمدة ثلاثة أشهر قبل أن تبدأ فى التزريع، كذلك يمكن إطالة فترة التخزين على هذه الدرجة إلى ستة أشهر إذا عوملت الدرنات بمثبطات التبرعم.

ويقلل التخزين فى الحرارة المنخفضة عن ذلك من صلاحية الدرنات لصناعة الشبس، إلا أن فترة التخزين تكون أطول؛ لذا يوصى دائمًا بخفض حرارة المخزن لمعظم فترة التخزين، ثم رفعها تدريجيًّا؛ بحيث تتعرض لحرارة ١٣–١٥ ْم لمدة ٤–٦ أسابيع قبل إخراج الدرنات من المخازن للاستعمال، كما يمكن رفع الحرارة إلى ٢١ ْم لفترة قصيرة قبل استعمال الدرنات. وبرغم أن هذا الارتفاع التدريجى فى درجة الحرارة يحدث تلقائيًّا أثناء التدريج والشحن والتسويق، إلا أنه يفضل رفع حرارة المخازن قبل تداول الدرنات لتقليل فرصة تجريحها قدر المستطاع؛ لأن الدرنات الباردة تكون أكثر عرضة للتجريح والخدش. وتجدر الإشارة إلى أن رفع حرارة الدرنات المخزنة قبل استعمالها يحسن أيضًا من صلاحية الدرنات للطهى أو للاستعمال كتقاوٍ. ويوضح شكل (١٠–٤) درجات الحرارة المناسبة لتخزين درنات البطاطس للأغراض المختلفة لفترات مختلفة.



شكل (١٠-٤): درجات الحرارة المناسبة لتخزين درنات البطاطس للاغراض المختلفة لفترات مختلفة.

وتعتمد درجة الحرارة المناسبة للتخزين على الاستعمال المستهدف للدرنات المخزنة. إن معدل تنفس البطاطس يكون أقل ما يمكن على ٢-٣ْم. بينما تزداد احتمالات التعرض لأضرار البرودة والتجمد على حرارة صفر-٢ْم، ويحدث التزريع على حرارة تزيد عن ٥ ْم. ولذا.. تخزن درنات التقاوى على حرارة ٤-٥ْم. أما درنات الاستهلاك الطازج فإنها تخزن على ٧-١٠ْم للحد من تحول السكريات غير المختزلة مثل النشا إلى سكريات مختزلة مثل الجلوكوز الذى يكسب الدرنات لونًا داكنًا عند الطبخ. وتخزن الدرنات المعدة للقلى على حرارة ١٠-١٥ْم تبعًا للصنف ومدى التحولات السكرية فيه. أما الأصناف المعدة لصناعة الشبس فإن درناتها تخزن على حرارة ١٥-٢٠ْم لأنه غالبًا ما يتراكم بها السكر فى حرارة تقل عن ١٥ْم.

ويمكن المحافظة على جودة درنات البطاطس المخزنة لمدة تتراوح بين شهرين وسنة تبعًا لجودتها عند الحصاد، ومدى جودة المخازن، والصنف المخزن، وما إذا كانت الدرنات قد عوملت بمثبطات التبرعم، أم لم تُعامل.

وتُعد أنسب الظروف لتخزين البطاطس الجديدة، كما يلى:

الاستعمال المستهدف	الحرارة (°م)	الرطوبة النسبية (٪)
المائدة	٧	٩٨
التحمير	١٠–١٥	٩٥
الشبس	١٥–٢٠	٩٥

وفى الظروف المثلى يمكن أن تحتفظ البطاطس الجديدة بجودتها لمدة ٣–٥ أسابيع. ويؤدى التخزين على حرارة تقل عن ١٠–١٣ °م لمدة ثلاثة أيام فقط إلى تراكم السكريات بالدرنات؛ مما يؤدى إلى شدة تلونها باللون البنى عند قليها أو تحضير الشبس منها. ولا يوصى بزيادة فترة تخزينها عن ثلاثة أسابيع، لأجل المحافظة على صفات الجودة المنظورة وصفاتها الأكلية.

هذا.. وتبدأ الدرنات فى التجمد على –٠,٨ °م. ومن أهم أعراض أضرار التجمد المظهر المائى الزجاجى وانهيار الأنسجة بعد تفككها، وقد يترتب على التجمد البسيط ظهور أضرار البرودة (Suslow & Voss ٢٠٠٦).

إعادة التهيئة

يؤدى التخزين المستمر فى الحرارة المنخفضة إلى تراكم السكريات المختزلة فى الدرنات؛ نتيجة لتحول النشا إلى سكر، مع انخفاض معدل التنفس فى هذه الظروف. ويكون هذا التراكم سريعًا فى حرارة صفر–٢,٥ °م. وبدرجة أقل فى حرارة ٢,٥–٣,٥ °م، ولكن يختفى هذا التراكم — عادة — فى حرارة ٣,٨–٤,٤ °م (عن Rastovski & Van Es ١٩٨١). ويقلل تراكم السكر من جودة الدرنات للاستعمال فى صناعة الشبس، أو البطاطس المقلية؛ لأن السكر المتراكم يتفاعل مع المركبات النيتروجينية عند القلى، وينتج عن هذا التفاعل لون بنى غير مرغوب. أما فى درجات الحرارة الأعلى من ذلك (١٥ °م مثلاً)، فإن النشا يتحول إلى سكر أيضًا، لكن السكر المتكون يستهلك أولاً بأول فى التنفس. وتعرف

عملية رفع درجة حرارة الدرنات المخزنة إلى ١٥— ٢٠ ْم قبل استعمالها فى صناعة الشبس باسم إعادة التهيئة Reconditioning، وهى تتبع مع معظم الأصناف (Smith ١٩٦٨).

وقد وجد أن السكريات المختزلة التى تتراكم فى الدرنات خلال ٢٤ أسبوعًا من التخزين على ٥ ْم أو ٦ ْم يمكن أن تنخفض إلى درجة مقبولة للتصنيع؛ وذلك بوضع الدرنات على حرارة ١٨ ْم لمدة أسبوعين على الأقل قبل تصنيعها، ولكن زيادة تلك الفترة إلى أربعة أسابيع تؤدى إلى زيادة الفقد من جَرَّاء التزريع (Gichohi & Prithcard ١٩٩٥).

كما وجد أن إعادة التهيئة Reconditioning بعد التخزين فى الحرارة المنخفضة تؤدى إلى زيادة معدل تنفس الدرنات بنحو ٢٠٠٪، ويتوافق ذلك مع الانخفاض فى محتوى الدرنات من السكريات المختزلة (Williams & Cobb ١٩٩٢).

وحتى إن لم تُجرَ عملية التهوية قبل إخراج البطاطس من المخزن فإنه يتعين رفع حرارتها إلى ١٠–١٣ ْم؛ لأن البطاطس الباردة تكون أكثر عرضة للإصابة بالجروح والخدوش أثناء تداولها. ويمكن رفع الحرارة بمجرد وقف التهوية؛ حيث يسمح ذلك للحرارة الناتجة من التنفس بالتجمع، ولكن قد يتطلب الأمر دفع هواء خارجى دافئ أو التدفئة إذا لزم الأمر (Voss وآخرون ٢٠٠٧).

تخزين التقاوى ومعاملاتها أثناء التخزين

يوصى بأن يكون تخزين الدرنات المعدة لاستعمالها كتقاوٍ فى وجود ضوء غير مباشر؛ حيث يفيد ذلك — مقارنة بالتخزين فى الظلام — فى زيادة أعداد البراعم النابتة وقصرها، مع خفض الفقد فى وزن الدرنات المخزنة، وتقليل عدد الأيام اللازمة لاستكمال إنباتها بعد الزراعة، وزيادة المحصول الناتج منها بنسبة حوالى ١٨٪ (جدول ١٠–٢) (Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

جدول (١٠-٢): تأثير الضوء غير المباشر **Diffused Light** أثناء تخزين تقاوى البطاطس على نوعيتها، والمحصول الذى ينتج من زراعتها.

الصفة	التخزين فى الضوء غير المباشر	التخزين فى الظلام
الحالة بعد ٦ شهور من التخزين		
طول النموات Sprouts (سم)	١,٨	٢١,٧
عدد النموات/درنة	٣,٤	١,٤
الفقد الكلى أثناء التخزين (٪)	٩,٩	٢٠,٣
الوضع بعد الزراعة		
عدد الأيام إلى الإنبات الكامل	٣٠,٦	٣٨,١
المحصول الكلى (طن/هكتار)	٢٨,٨	٢٤,٦

وإلى جانب أهمية تعريض الدرنات المعدة لاستخدامها كتقاوٍ للضوء، فإنها يجب أن تخزن فى حرارة ١٢ ْم — أو أعلى من ذلك — لمدة شهرين قبل الزراعة؛ لأن ذلك يبكر إنباتها عند الزراعة (Marinus ١٩٩٢). ويستدل من دراسات Jenkins وآخرين (١٩٩٣) على أن تعريض التقاوى للحرارة العالية قبل زراعتها كان له تأثير إيجابى على إنبات البراعم ونموها، والنمو الخضرى، والمحصول المبكر الناتج منها؛ وذلك بصورة أفضل مما لو كان تعريضها للحرارة المرتفعة قبل ذلك خلال فترة تخزينها.

وإذا ما زرعت التقاوى عقب خروجها مباشرةً من حالة السكون، فإن تخزينها فى حرارة ٢٨ ْم يكون أفضل لنموات بعد الزراعة من تخزينها فى حرارة أقل من ذلك (Ittersum ١٩٩٣).

ولقد ازدادت قدرة درنات تقاوى البطاطس المخزنة على التبرعم إلى حد أقصى، ثم انخفضت مع زيادة فترة التخزين. وتوافق هذا الانخفاض مع زيادة فى التسرب الأيونى؛ بما يعنى أن سلامة الأغشية البلازمية هى أحد المكونات الأساسية فى قوة نمو تقاوى درنات البطاطس (De Weerd وآخرون ١٩٩٥).

ووُجد أن معاملة الدرنات الصغيرة (المنى) الناتجة من زراعات البذور الحقيقية (الدرينات) بثانى سلفيد الكربون carbon disulfide (أو CS_2) بمعدل ٢٠ مل/ متر مكعب لمدة ٧٢ ساعة تؤدى إلى إسراع انتهاء حالة السكون فيها. وقبل أن يظهر بها التبرعم.. كانت قد حدثت فيها تغيرات أيضية، مثل: زيادة معدل التنفس وإنتاج الدرينات للإثيلين خلال الأيام الستة الأولى بعد المعاملة، وبقى معدل التنفس أعلى فيها عما فى الدرينات غير المعاملة لمدة ٣٥ يومًا بعد المعاملة. كذلك أدت المعاملة إلى زيادة محتوى الدرينات من السكروز والفراكتوز، ولكن ليس الجلوكوز (Karanisa وآخرون ٢٠١٦).

المخازن

قوة تحمل الجدران

يراعى عند تصميم المخازن أن تتحمل جدرانها ضغطًا يصل إلى ٦٠٠ كجم على المتر المربع، وهو الضغط الذى تتعرض له الأجزاء السفلى من جدران المخزن عند تخزين الدرنات فى كومات يصل ارتفاعها إلى ٣,٥ أمتار (عن Van der Zaag ١٩٩١).

وللاطلاع على التفاصيل التكنولوجية المتعلقة بتصميم وإنشاء مخازن البطاطس المبردة.. يراجع Davis (١٩٨٠).

طريقة وضع الدرنات فى المخازن

يمكن تخزين البطاطس وهى سائبة حتى ارتفاع ٣,٥ متر؛ أى يكون تكويمها بمعدل حوالى ٢٥٠٠ كجم لكل متر مربع من أرضية المخزن.

وإذا خزنت الدرنات وهى معبأة فى أجولة، فلا تجوز زيادة ارتفاع الرصّات عن ثلاثة أمتار؛ حيث تكون السعة التخزينية فى هذه الحالة حوالى ١٧٠٠ كجم/م^{2} — وليس ٢١٠٠ كجم/م^{2} — بسبب الفراغات التى توجد بين الأجولة.

ويجب — دائمًا — مراعاة عدم المغالاة فى عدد رصّات أجولة البطاطس؛ ذلك لأن ارتفاع السقف يتراوح فى ثلاجات الدور الواحد بين خمسة أمتار وستة أمتار؛ مما قد يشجع على وضع ٢٠ رصّة أو أكثر فوق بعضها ولكن ذلك لا يسمح بانخفاض الحرارة إلى الدرجة المطلوبة فى مركز البلوكات.

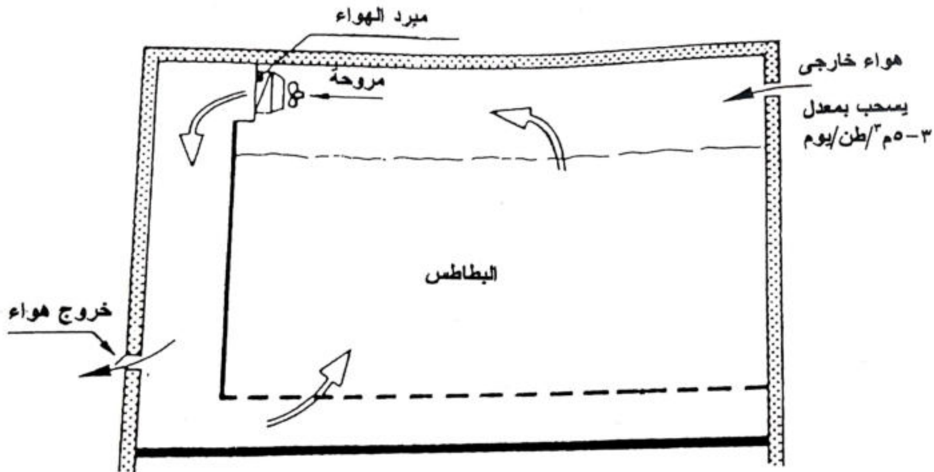
ويراعى كذلك ترك فراغات كافية بين الرصَّات، والتحكم فى دفع الهواء البارد من خلالها، وعدم خفض حرارة التبريد عن ٣ °م، وعدم ملامسة الدرنات فى الرصّات العلوية لمواسير التبريد.

نظام التبريد والتهوية

يجب أن يتم التبريد بنظام الدفع الجيرى للهواء المبرد من خلال الدرنات المخزنة (شكل ١٠–٥).

ولتجنب نقص الأكسجين فى هواء المخزن، فإنه يجب سحب الهواء من خارج المخزن إلى داخله بمعدل ٣–٥ م^{3} لكل طن من الدرنات المخزنة يوميًّا، وعندما تخرج من المخزن كمية مماثلة من الهواء الداخل فيه فإن ذلك يمنع تراكم ثانى أكسيد الكربون الناتج من التنفس.

وفى كل الحالات يجب عدم السماح بتكثيف رطوبة حرة على الدرنات أثناء التخزين، وإذا حدث ذلك تصبح حركة الهواء ضرورية، بالإضافة إلى أن حركة الهواء تعد ضرورية — كذلك — للمحافظة على تجانس الحرارة المرغوب فيها والرطوبة النسبية المطلوبة فى جميع أنحاء كومة الدرنات.



شكل (١٠–٥): مقطع عمودى لمخزن بطاطس مبرد.

ومن أهم مزايا تهوية الدرنات بالدفع الجبرى للهواء خلال كوماتها، ما يلى:

١- التخلص من حرارة الحقل وحرارة التنفس.

٢- المساعدة على تجانس الحرارة والرطوبة النسبية فى كل أنحاء الكومة.

٣- منع تقدم إصابات الأعفان خارج النسيج الذى حدثت فيه، وذلك بتجفيف الأماكن التى تبدو مبتلة والدرنات التى تم حصادها من تربة رطبة.

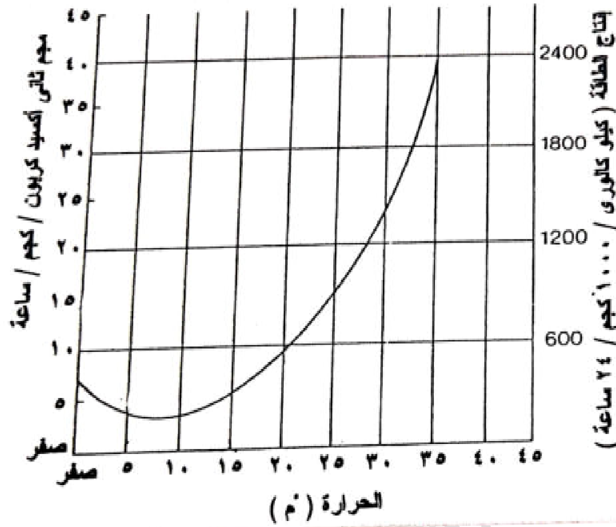
٤- تجنب التراكم الزائد لثانى أكسيد الكربون الناتج من التنفس.

وتجرى التهوية بعدة طرق، منها ما يتم من خلال مجارٍ للهواء تكون على بعد ٢,٥-٣ أمتار من بعضها تحت الكومة، وينفذ منها الهواء، وقد تُستعمل أنابيب مموجة من الصلب أو الألومنيوم تختلف أحجامها باختلاف حجم المخزن، وبها ثقوب كل ٢٠-٣٠ سم لنفاذ الهواء، وقد تستعمل قنوات هواء خشبية على شكل حرف A يكون فيها فتحات طولية.، وفى كل الحالات ينفذ الهواء إلى تلك القنوات الجانبية من قناة رئيسية تتصل بالمروحة الساحبة للهواء.

وفى المناطق الجافة يكون من الضرورى تزويد الهواء المستعمل فى التهوية بالرطوبة.

كفاءة التبريد

تتوقف احتياجات التبريد على عوامل عدة، من أهمها حرارة الهواء الخارجى، ومعدل تنفس الدرنات الذى يزداد — بشدة — مع ارتفاع درجة حرارة (شكل ١٠-٦). ويكون معدل التنفس للدرنات الكاملة النمو غير المجروحة أو المخدوشة فى حرارة ٣٥°م أربعة أمثال معدل تنفسها فى حرارة ٢٠°م. ويزداد معدل التنفس عن الحدود المبينة فى الشكل إذا كانت الدرنات غير مكتملة التكوين، أو إذا كانت قد أصيبت بأضرار ميكانيكية أثناء حصادها أو تداولها.



شكل (١٠-٦): تنفس درنات البطاطس الكاملة غير المجروحة، وإنتاجها من الطاقة الحرارية بالتنفس فى درجات الحرارة المختلفة.

ويفترض فى الأجواء الحارة أن تتراوح كفاءة تبريد مخازن البطاطس بين ٤٠٠ كيلو جول kJ و ٥٠٠ كيلو جول لكل طن من الدرنات فى الساعة، وأن تتراوح قدرة المراوح بين ٠,٢٥ مترًا مكعبًا و٠,٣٠ مترًا مكعبًا لكل كيلو جول من كفاءة التبريد المطلوبة. كما يجب عزل السقف والجدران بالقدر الكافى للحد من التوصيل الحرارى؛ فلا يجب أن يزيد معامل توصيلها الحرارى على ٠,٢ واط W/م^{٢} لكلٍّ درجة مئوية واحدة من الفرق بين أعلى درجة حرارة يصل إليها الهواء الخارجى ودرجة حرارة التخزين المرغوب فيها؛ ويعنى ذلك أن التدفق الحرارى Q يجب ألايزيد على ٦-٨ واط/م^{٢} من الأسقف أو الجدران.

التخزين فى الجو المعدل والجو المتحكم فى مكوناته

إن الجو المتحكم فى مكوناته (CA) والجو المعدل (MA) قليلاً الفائدة للبطاطس. وعندما تتعرض الدرنات بعد الحصاد لهواء تنخفض فيه نسبة الأكسجين عن ٥٪ فإنه

يتأخر فيها تكوين البيريدرم والتئام الجروح. وعند انخفاض الأكسجين إلى أقل من ١,٥٪ أو زيادة ثانى أكسيد الكربون عن ١٠٪ تظهر روائح غير مرغوب فيها وطعم غير مقبول، وتحدث تغيرات لونية داخلية وتزداد الإصابة بالأعفان. وبينما يخفض التركيز المرتفع لثانى أكسيد الكربون من تكوين السكريات المختزلة، فإنه يزيد من محتوى السكروز (Voss ٢٠٠٤).

كذلك لا يوصى بتخزين البطاطس فى الجو المعدل؛ نظرًا لشدة حساسيتها لنقص الأكسجين الذى يؤدى إلى إصابتها بالقلب الأسود. وسواء أحدث القلب الأسود نتيجة لنقص تركيز الأكسجين، أم لزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون. فإن الهواء المعدل يتوفر فيه كلا العاملين. كما أن التهوية التى تعد ضرورية فى مخازن البطاطس تتعارض مع مبدأ التخزين فى الجو المعدل (Lougheed ١٩٨٧).

وفى المقابل وجد أن تخزين البطاطس فى ٩,٤٪ ثانى أكسيد الكربون مع ٣,٦٪ أكسجين على ٥ °م يؤدى إلى وقف التزريع كلية — تقريبًا — مع انخفاض فى النقص فى الوزن، والمحافظة على اللون الجيد لجلد الدرنات. وعندما استمر تخزين تلك الدرنات بعد ذلك لمدة ٢٠ أسبوعًا فى الهواء على ٥ °م استمر اللون الجيد للجلد واستمر عدم التزريع. وعلى الرغم من أن الشبس الذى جهز من تلك الدرنات كان أدكن لونًا مما يُسمح به، إلا أن تهيئتها أدت إلى جعل الشبس باللون المطلوب فى أحد الأصناف (وهو Saturna)، ولكن ليس فى صنفين آخرين، وكان مستوى السكريات المختزلة هو المسئول عن لون الشبس قبل التهيئة وبعدها (Khanbari & Thompson ١٩٩٦).

ومن المعروف أن لون البطاطس المحمرة يتأثر سلبيًّا بالتفاعل بين غاز ثانى أكسيد الكربون — الذى يتراكم فى هواء المخازن — وغاز الإثيلين الذى قد ينطلق — من عدة مصادر — وقد يصل إلى تركيز ٠,٥ ميكروليتر/لتر. وفى دراسة عُرِّضَت فيها بطاطس فى طور الراحة (ساكنة) أو خرجت منه (غير ساكنة) لتوافيق مختلفة من غاز ثانى أكسيد الكربون بتركيزات تراوحت بين صفر ٪، و٢٪، وغاز الإثيلين (بتركيزات تراوحت بين صفر ٪، و٠,٥ ميكروليتر/لتر)، وجد ما يلى:

١- لم يتغير لون التحمير عن لون الكنترول عندما كان التعريض لأى تركيز من ثانى أكسيد الكربون فى غياب الإثيلين، وذلك سواء أكانت الدرنات فى طور الراحة، أم خرجت منه.

٢- عندما كانت المعاملة بالإثيلين فقط فى غياب ثانى أكسيد الكربون ازدادت دكنة لون التحمير أيًّا كانت حالة الدرنات.

٣- فى الدرنات غير الساكنة توقفت الزيادة فى دكنة التحمير — الناتجة من التعرض للإثيلين — على تركيزات الغاز.

٤- كذلك عندما كان تعرض الدرنات غير الساكنة لكل من ثانى أكسيد الكربون والإثيلين، اعتمدت الزيادة فى دكنة التحمير على التركيز؛ حيث ازدادت الدكنة بزيادة تركيز أى من الغازين عندما تواجدا معًا.

٥- لم تكن الزيادة فى دكنة التحمير مع زيادة التركيز، كما لم يكن التفاعل بين الإثيلين وثانى أكسيد الكربون جوهريًّا فى الدرنات الساكنة.

٦- فى كلٍ من الدرنات الساكنة وغير الساكنة، كانت دكنة التحمير أعلى ما يمكن عند تواجد كلا الغازين بأعلى تركيز (Daniels-Lake & Prange ٢٠٠٩).

الظواهر والتغيرات المصاحبة للتخزين (فسيولوجيا بعد الحصاد)

يستمر النشاط الفسيولوجى لدرنات البطاطس بعد الحصاد، ويصاحب ذلك تغيرات كبيرة خارجية وداخلية، وتغيرات أخرى فسيولوجية لا يظهر تأثيرها إلا عند تصنيع الدرنات، أو طهيها، وهو ما سنتناوله بالدراسة فى هذا الجزء.

تنفس الدرنات

يعتبر تنفس الدرنات أهم الأنشطة الفسيولوجية التى تحدث فيها، وهو نشاط يميز كافة الأنسجة الحية من غير الحية، ويؤثر فى عديد من صفات الجودة.

ويتأثر معدل تنفس الدرنات بالعوامل التالية:

١- درجة النضج:

يكون أعلى معدل للتنفس فى الدرنات التى تحصد بعد بداية تكوينها مباشرة، ثم ينخفض معدل التنفس سريعًا فى الدرنات التى تحصد وهى أكبر حجمًا، كما يستمر انخفاض التنفس فى الدرنات التى تحصد وهى فى المراحل القريبة من النضج، وحتى اكتمال النضج.

٢- فترة التخزين:

يقل تنفس الدرنات تدريجيًّا أثناء التخزين حتى بداية نمو البراعم، ثم يزداد ثانية.

٣- درجة الحرارة:

يزيد معدل التنفس بمقدار ضعفين مع كل زيادة قدرها ١٠ درجات مئوية ما بين صفر و ٢٠ ْم، أى إن الـ Q_{10} = ٢,٠، لكن تقديرات أخرى تشير إلى أنه قد يكون أقل من ذلك.

٤- تركيز غاز الأكسجين:

ينخفض معدل التنفس مع انخفاض تركيز الغاز عن المستوى الطبيعى فى الهواء الجوى، وهو ٢٠٪.

٥- تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون:

يقل معدل التنفس بزيادة تركيز الغاز.

٦- المركبات المثبطة والمحفزة للنشاط الحيوى:

يتأثر معدل التنفس بالنقص أو بالزيادة عند المعاملة بهذه المركبات حسب نوعيتها.

٧- الإيثيلين:

تؤدى المعاملة بالإيثيلين إلى زيادة معدل التنفس.

٨- الإشعاع:

تؤدى المعاملة بأشعة جاما إلى زيادة مؤقتة فى معدل التنفس، تستمر لمدة أسبوع، ثم تنخفض إلى المعدل الطبيعى بعد ذلك.

٩- نمو البراعم (التنبيت):

تصاحب نمو البراعم زيادة كبيرة فى معدل تنفس الدرنات.

١٠- طريقة تداول الدرنات:

يؤدى تداول الدرنات بخشونة إلى حدوث زيادة كبيرة فى معدل تنفسها (عن Burton ١٩٧٨).

ويتباين معدل تنفس درنات البطاطس (بالمليجرام ثانى أكسيد كربون لكل كيلوجرام واحد من الدرنات فى الساعة) حسب مدى اكتمال تكوين الدرنات وحرارة التخزين، كما يلى (Voss ٢٠٠٤):

حرارة التخزين (°م)	الدرنات غير المكتملة التكوين	الدرنات المكتملة التكوين
٥	٢٤	٦–١٨
١٠	٣٠–٤٠	١٣–١٩
١٥	٢٥–٥٧	١١–٢٢
٢٠	٣٢–٨١	١٤–٢٩

إنتاج الإثيلين

يكون معدل إنتاج الإثيلين فى البطاطس البلية والمكتملة النمو منخفضًا للغاية، حيث يقل عن ٠,١ ميكروليتر لكل كيلوجرام من الدرنات فى الساعة على ٢٠°م. ويزداد المعدل كثيرًا عن ذلك فى الدرنات المجروحة والمضارة.

ودرنات البطاطس ليست شديدة الحساسية للإثيلين الذى قد تتعرض له من مصادر خارجية. وقد وجد أن التعرض للمستويات المنخفضة من الإثيلين يمكن أن يرفع من

معدل التنفس، وبخاصة فى البطاطس غير المكتملة التكوين؛ مما يؤدى إلى فقد فى وزن الدرنات وانكماشها. وبينما يمكن أن تثبط التركيزات المنخفضة للغاز من التبرعم — بعد تخزين البطاطس غير المعاملة بمثبطات التبرعم لمدة ٢–٣ شهور على ٥ْم — فإن تعرضها حينئذٍ لتركيزات عالية من الإثيلين قد يستحث التزريع (Voss ٢٠٠٤).

ويمكن أن يتأثر لون البطاطس المخزنة — عند تحميرها — بعديد من العوامل، منها تعرضها لغاز الإثيلين من مصادر متنوعة، وتفاعل التركيزات المنخفضة جدًّا من الإثيلين (١ ميكروليتر/لتر) مع غاز ثانى أكسيد الكربون المتراكم فى المخزن. ويمكن أن يؤدى سبق المعاملة بالـ 1-MCP إلى خفض دكنة لون التحمير — الذى يكون مرده إلى التعرض للإثيلين — وتصبح بلون تلك التى لم تتعرض لأى من الإثيلين (٠,٥ ميكروليتر/لتر)، أو الإثيلين مع ثانى أكسيد الكربون (٢ كيلوباسكال من الغاز) (Daniels-Lake وآخرون ٢٠٠٨).

التزريع

يؤدى تزريع الدرنات فى المخازن إلى ما يلى:

١– زيادة فقد الدرنات لرطوبتها؛ ومن ثم انكماشها.

٢– زيادة الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة فى المخازن؛ ومن ثم زيادة مشاكل الأعفان.

٣– زيادة محتوى الدرنات من السكريات المختزلة؛ ومن ثم زيادة التلون البنى فى المنتجات المصنعة.

٤– فقد القيمة التسويقية للدرنات فى حالات التزريع الشديدة.

ويُستدل من الدراسات التى أُجريت على سكون درنات البطاطس أن كلا من حامض الأبسيسك والإثيلين ضروريان لأجل حث السكون، ولكن حامض الأبسيسك فقط هو الذى يلزم لاستمرار سكون البراعم. ويبدو أن حدوث زيادة فى كلٍ من محتوى السيتوكينين والحساسية له هما العاملان الرئيسيان اللذان يقودان إلى زوال حالة

السكون. أما التغيرات فى محتوى الدرنات من كل من إندول حامض الخليك وحامض الجبريليلك فيبدو أنها أكثر علاقة بتنظيم النمو البرعمى بعد انتهاء حالة السكون (Suttle ٢٠٠٤).

وقد درس Suttle (٢٠٠٤) دور الجبريللينات الطبيعية فى درنات البطاطس أثناء خروجها من طور الراحة وبدء تنبيتها، وذلك فى صنف البطاطس Russet Burbank. ولقد وُجِدَ أن السكون بدأ فى الانتهاء بعد ٩٨ إلى ١٣٤ يومًا من التخزين، حيث أظهرت الدرنات نموًا محدودًا (> ٢ مم) للنبت، وأعقب ذلك ازدياد ضعف سكون الدرنات حيث ازداد طول النبت بعد ١٨٧ يومًا من التخزين، وانتهى سكون الدرنات تمامًا وكان النبت قويًّا بعد ٢١٢ يومًا من التخزين. وقد ظهر بعد الحصاد مباشرة أن محتوى الدرنات من كل من GA_{19}، و GA_{29}، و GA_1 كان عاليًا نسبيًّا (٠,٤٨–٠,٦٢ نانوجرام/جم وزن طازج). بينما انخفض تركيزها بين ٣٣، و٩٣ يومًا من بدء التخزين. وازداد محتوى الدرنات من كل من GA_{19}، و GA_{20}، و GA_1 قليلاً بين ٩٣، و١٣٥ يومًا من بدء التخزين؛ حيث وصل إلى مستويات مماثلة لتلك التى كانت تتواجد فى الدرنات الشديدة السكون بعد الحصاد مباشرة. وقد استمر مستوى تلك الجبريللينات فى الزيادة مع زيادة قوة نمو البراعم ولم يُعثر على أى أثر لكل من الـ GA_4 والـ GA_8 فى أى من الدرنات أيًّا كانت حالة سكونها. وقد حفَّزَت المعاملة بالجبريللينات التبرعم فى الدرنات التى كانت قد مرت بالفعل بفترة السكون العميق، وكان GA_9 أشدها تأثيرًا. ثم GA_{20}، ثم GA_{19}. ويستدل من تلك النتائج على أن الجبريللينات لا تلعب دورًا فى التخلص من حالة السكون، وإنما فيما يعقب ذلك من إنبات للبراعم.

فقد الرطوبة

يتأثر فقد الدرنات للرطوبة أثناء تخزينها بالعوامل التالية:

١– معدلات التسميد السابقة للحصاد:

تبعًا لـ Kolbe وآخرين (١٩٩٥) فإن الفقد فى الوزن فى الدرنات المخزنة على ٤°م ورطوبة نسبية لا تقل عن ٩٠٪ ازداد بزيادة التسميد الآزوتى أو البوتاسى قبل الحصاد،

ونَقُصَ بزيادة التسميد الفوسفاتي. كذلك وجد Kolsch وآخرون (١٩٩١) أن زيادة التسميد قبل الحصاد أضعفت من جودة البطاطس وصلاحيتها للتخزين، وتسببت فى زيادة معدل التنفس، والفقد الرطوبى، والتبرعم؛ ومن ثم الفقد فى الوزن.

٢- الصنف: تختلف الأصناف فى سرعة فقدها للرطوبة، وربما يرجع ذلك إلى اختلافها فى سمك طبقة البيريدرم.

٣- النضج: يزداد فقد الماء من الدرنات غير الناضجة، ويقل الفقد تدريجيًّا مع زيادتها فى النضج.

٤- الجروح والخدوش: يزداد فقد الماء مع زيادة تجريح وخدش الدرنات أثناء تداولها.

٥- البيريدرم: يقلل البيريدرم من فقد الدرنات للرطوبة.

٦- الفرق فى ضغط بخار الماء water vapor pressure deficit بين أنسجة الدرنة والهواء المحيط بها؛ فكلما ازداد هذا الفرق، ازداد فقد الماء من الدرنات.

٧- درجة الحرارة: كلما ارتفعت درجة الحرارة، انخفض ضغط بخار الماء فى الهواء المحيط بالدرنات، وازداد فقد الرطوبة تبعًا لذلك.

٨- التهوية: يزداد الفقد الرطوبى مع زيادة التهوية.

٩- التنبيت: يؤدى نمو البراعم وتنبيت الدرنات إلى حدوث زيادة كبيرة فى فقد الماء بالنتح من هذه النموات (عن Burton ١٩٧٨).

انكماش وذبول الدرنات

تنكمش الدرنات وتقل فى الوزن تدريجيًّا مع التخزين؛ ويرجع ذلك إلى حدوث فقد فى كلٍ من الرطوبة والمادة الجافة، إلا أن الفقد فى الرطوبة يكون أكبر. ويصل إلى ٩٠٪ من جملة الفقد فى الوزن، بينما يكون الفقد فى المادة الجافة نتيجة التنفس فى حدود ١٠٪ من الفقد فى الوزن الجاف.

ويزيد الفقد فى الرطوبة فى بداية فترة التخزين؛ بسبب الجروح والتسلخات والكدمات التى تحدث فى بعض الدرنات، ويكون الفقد فى الرطوبة أكبر فى الدرنات غير الناضجة. ومع علاج الدرنات يترسب السيوبرين، ويتكون بيريدرم الجروح، ويقل فقد الدرنات للماء تدريجيًّا. ومع انتهاء فترة العلاج التجفيفى يقل فقد الدرنات للماء بدرجة كبيرة. ولا يوجد فرق بين أصناف البطاطس فى فقدها للرطوبة خلال هذه المرحلة. ومع استمرار التخزين. وبداية تزريع الدرنات يزداد الفقد مرة أخرى؛ نتيجة سهولة تبخر الماء من النموات الجديدة. وتختلف الأصناف كثيرًا، فى بداية تلك المرحلة؛ نتيجة لاختلافها فى طول فترة السكون من جهة، وفى سرعة نمو النبت الذى يزداد فقد الماء من خلاله من جهة أخرى. هذا.. ويزيد فقد الرطوبة أثناء التخزين عند انخفاض الرطوبة النسبية أو ارتفاع درجة الحرارة، أو زيادة التهوية.

يتبع الفقد فى المادة الجافة بالتنفس نفس مسلك الفقد فى الرطوبة؛ فيكون مرتفعًا فى بداية فترة التخزين، ثم ينخفض لفترة حتى بداية التزريع؛ حيث يرتفع معدل التنفس مرة أخرى. فبعد الحصاد مباشرة يزيد معدل التنفس فى الدرنات غير الناضجة عنه فى الدرنات الناضجة؛ وذلك بسبب ارتفاع نسبة سكر السكروز فيها، ولوجود علاقة طردية مباشرة بين نسبة السكروز وسرعة التنفس. وتزيد الأضرار الميكانيكية من سرعة التنفس؛ ومن ثم فإن وسيلة الحصاد تؤثر على سرعة التنفس؛ لتأثيرها على نسبة الدرنات المصابة بالأضرار الميكانيكية. وبعد انتهاء فترة العلاج تنخفض سرعة التنفس بدرجة كبيرة، لكن العلاقة تبقى طردية بين سرعة التنفس ودرجة حرارة التخزين. ويكون مقدار سكر السكروز المستخدم فى التنفس لكل جرام من درنات البطاطس كما يلى:

درجة الحرارة (°م)	كمية السكروز المستهلكة فى التنفس (ملليجرام/كجم درنات)
صفر	٢,٣
٣	٢,٨
٦	٣,٥
١٠	٤,٥
٢٠	٩,٥

يمكن القول إجمالاً بأن التنفس يؤدى إلى نقص الوزن الجاف للدرنات تحت ظروف التخزين الجيدة بنحو ٠,١٪ من المادة الجافة شهريًّا.

ونظرًا لأن الفقد فى الرطوبة يكون بسرعة أكبر من الفقد فى المادة الجافة بالتنفس؛ لذا تتحسن الكثافة النوعية للدرنات مع التخزين. وقد يعتبر انكماش الدرنات قليلاً خسارة أو فائدة للمنتج، ويتوقف ذلك على نوعية الاستعمال المتوقعة للبطاطس المخزنة؛ فعند التخزين لغرض الاستهلاك الطازج يعتبر أى فقد فى الوزن خسارة مباشرة. وإذا زاد الفقد على ١٠٪ تنكمش الدرنات بوضوح، وربما لا يمكن تسويقها، أو ربما يمكن بيعها بأسعار مخفضة، أما عند التخزين لغرض التصنيع، فإن أى فقد فى الرطوبة يُحسن من نوعية الدرنات؛ وذلك بما يُحدثه فقد الرطوبة من زيادة فى الكثافة النوعية، لكن زيادة نسبة الفقد على ١٠٪ تؤدى إلى صعوبة تقشير الدرنات.

الاخضرار

سبق أن تناولنا موضوع اخضرار الدرنات بالتفصيل فى الفصل التاسع.

أضرار البرودة

أضرار البرودة chilling injury هى تلك التى تصيب الدرنات عند تعرضها لفترة طويلة لحرارة من صفر إلى ٢ ْم؛ حيث تظهر على الدرنات حالة تسمى التلون الماهوجانى mahogany browning، وفيها تتحلل الأنسجة الداخلية بدرجات مختلفة؛ فقد تقتصر الإصابة على الحزم الوعائية فقط، وقد تكون الإصابة فى مناطق غير منتظمة بلون بنى ضارب إلى الاحمرار، وتنتشر فى القشرة، والأسطوانة الوعائية، والنخاع أحيانًا.. ومع ازدياد الانخفاض فى درجة الحرارة التى تتعرض لها الدرنات تنهار الأنسجة المصابة تمامًا، ويصبح لونها بنيًّا داكنًا، وتصبح الدرنات أكثر قابلية للإصابة بالعفن الطرى.

وقد تظهر أعراض أضرار البرودة على صورة تحلل شبكى net necrosis؛ حيث تموت خلايا اللحاء، بينما لا تتأثر الخلايا البرانشيمية المحيطة به التى تكون أقل تأثرًا

بالحرارة المنخفضة من خلايا اللحاء. وقد يكون اللحاء المتأثر متناثرًا فى نسيج الدرنة، أو فى أحد جوانب الدرنة (الجانب الذى تعرض للحرارة المنخفضة)، أو قد يكون مركزًا فى منطقة الحزم الوعائية. وتتشابه أعراض التحلل الشبكى تلك — كثيرًا — مع أعراض مماثلة تحدث نتيجة الإصابة بفيرس التفاف أوراق البطاطس، لكن يمكن التمييز بينهما بسهولة بتعريض الأنسجة المصابة للأشعة فوق البنفسجية؛ حيث تظهر الأنسجة المصابة بأضرار البرودة بلون أزرق، بينما تظهر الأنسجة المصابة بالفيرس بلون أخضر.

تختلف الأصناف فى مدى حساسيتها لأضرار البرودة. ومن أكثر الأصناف الأمريكية مقاومةً كل من جرين ماونتن Green Mountain، وواربا Warba (Talburt & Smith ١٩٥٩).

أضرار التجمد

قد تتعرض الدرنات للتجمد وهى ما زالت فى الحقل، أو أثناء التخزين فى المخازن المبردة. ويطلق على حالة التجمد فى الحقل اسم frost injury، وتظهر أعراضها على شكل تحلل شبكى للأنسجة، مشابه لأعراض الإصابة بفيرس التفاف الأوراق. أما حالة التجمد فى المخازن، فيطلق عليها اسم freezing injury.

يؤدى تجمد الدرنات إلى تكوين بللورات ثلجية فى أنسجتها، يعقبه موت سريع للأنسجة المتجمدة. ويوجد — عادة — حد فاصل وواضح بين النسيج المتجمد والنسيج غير المتجمد من الدرنة. وبعد تفكك النسيج، فإن لونه يتغير سريعًا من الأبيض الشاحب إلى الوردى، فالأحمر، فالبنى، أو الرمادى، أو الأسود، ويلى ذلك انهيار خلايا النسيج المصاب وطراوته.

وتتوقف درجة الحرارة التى تتجمد عندها الدرنات على تركيز وطبيعة المواد الذائبة فى العصير الخلوى. وتتراوح حرارة التجمد بين -١و-٢,٢ °م. وتنخفض درجة الحرارة التى تتجمد عندها الدرنات إذا كان قد سبق تخزيها فى حرارة منخفضة؛ ويرجع ذلك إلى زيادة نسبة السكر فى العصير الخلوى فى هذه الظروف.

وتظهر أضرار التجمد خلال نصف دقيقة من بداية تكوين البلورات الثلجية، وتتوقف شدة الأضرار على مدة التعرض لدرجة التجمد كما يلى:

١- عندما تكون مدة التعرض لدرجة حرارة التجمد قصيرة، تظهر الأعراض على شكل حلقة متقطعة، لونها أسود ضارب إلى الزرقة فى منطقة الحزم الوعائية. ويطلق على هذه الأعراض اسم التحلل الشبكى net necrosis.

٢- مع ازدياد فترة التعرض لدرجة حرارة التجمد تمتد الأعراض إلى النخاع.

٣- مع استمرار التعرض لدرجة حرارة التجمد لمدة ساعة تظهر بالدرنات من الداخل مناطق متداخلة غير منتظمة الشكل، وسوداء اللون.

٤- إذا استمرت فترة تعرض الدرنات المخزنة لدرجة حرارة التجمد أربع ساعات أو خمس ساعات، فإنها تصبح مائية المظهر، وسميكة، وتخرج منها سوائل.

التغيرات فى القيمة الغذائية أثناء التخزين

دُرس تأثير تخزين درنات خمسة أصناف من البطاطس لمدة ثمانية شهور على ٧٫٨ْم، ووجد ما يلى:

١- ازداد محتوى حامض الفوليك folate فى كل الأصناف، وتراوحت الزيادة من ١١٪ إلى ١٤١٪.

٢- ازداد محتوى فيتامين B_6 فى كل الأصناف أثناء التخزين، وتراوحت الزيادة — التى كانت جوهرية فى حالات قليلة فقط — بين ٥٪، و٢٤٪.

٣- انخفض محتوى حامض الأسكوربيك فى كل الأصناف مع التخزين، وتراوح الانخفاض بين ١٦٪، و٧٨٪، وكان ذلك الانخفاض جوهريًّا فى معظم الحالات.

٤- لم يلاحظ تغيرات منتظمة فى محتوى حامض الكلوروجنك مع التخزين، وتراوحت التغيرات بين -١٤٪، و +١٤٪، ولم تكن جوهرية.

٥- ازداد محتوى التيروزين فى معظم الحالات، وتراوحت الزيادة بين ١٩٪، و٢٣٨٪.

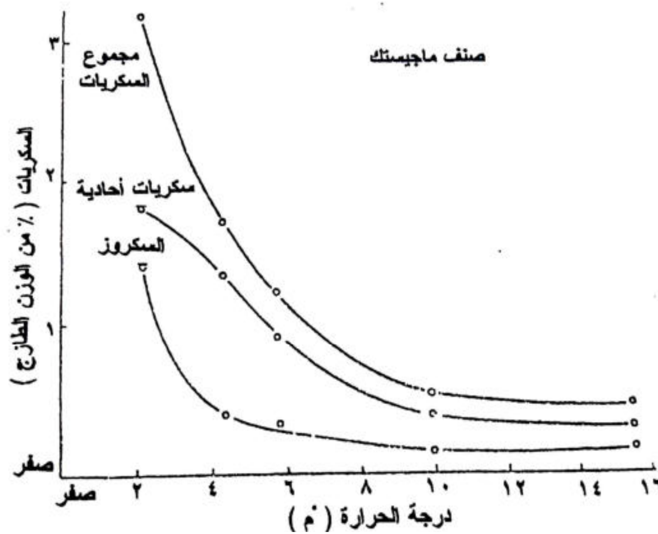
٦- تشابهت التغيرات فى الفينيل آلانين مع التغيرات فى التيروزين، ووصلت الزيادة حتى ٢٧٢٪ (Goyer وآخرون ٢٠١٩).

زيادة نسبة السكريات

خلال ٦ شهور من التخزين لم تتغير الكثافة النوعية لدرنات البطاطس، بينما انخفض محتواها من السكروز، وارتفع محتواها من كل من الجلوكوز والفراكتوز (Pritchard & Scanlon ١٩٩٧).

تأثير درجة حرارة التخزين في نسبة السكريات

تزداد نسبة السكريات فى درنات جميع أصناف البطاطس عند تخزينها فى الحرارة المنخفضة. ويزداد تراكم السكر مع الانخفاض فى درجة الحرارة، ويبين شكل (١٠–٧) العلاقة بين درجة حرارة التخزين، ونسبة كل من السكريات الأحادية، والسكروز فى الدرنات. ويتضح من الشكل أن نسبة السكريات تزداد كثيرًا فى حرارة ٤°م، وهى الدرجة التى يوصى بها لتخزين البطاطس أطول فترة ممكنة، وأن نقص درجة حرارة التخزين عن ٤°م يؤدى إلى ارتفاع حاد فى نسبة السكروز والسكريات الأحادية، وتعرف هذه الظاهرة باسم زيادة الحلاوة المصاحبة للحرارة المنخفضة Low temperature sweetening.



شكل (١٠–٧): العلاقة بين درجة حرارة التخزين، ونسبة كل من السكريات الأحادية والسكروز فى الدرنات.

ويؤدى تخزين البطاطس على ٢٥ ْم إلى حدوث انخفاض شديد فى وزنها مع تنبيتها بداية من المراحل المبكرة للتخزين، وفى المقابل.. فإن تخزين الدرنات على ٤ ْم يتسبب فى حدوث تراكم زائد للسكريات المختزلة فيها، مع ما يرافق ذلك من دكنة فى لون الشبس المجهز منها. ولذا.. يُقترح أن يكون التخزين على ١٠ ْم. وإذا ما كان الحد الأقصى المقبول لمحتوى السكريات المختزلة بالدرنات — لكى لا تزداد دكنة لون الشبس المجهز منها — هو ٠,٢٥٪، فإن تخزين الدرنات على ١٠ ْم — مع تهيئتها بعد التخزين على ٢٥ ْم لمدة ٢٠ يومًا — حافظ على نسبة سكريات مختزلة فيها أقل من ٠,٢٥٪ عندما كان التخزين على تلك الدرجة لمدة ١٢٠ يومًا، وعلى نسبة ٠,٢٥٪ عندما كان التخزين لمدة ١٥٠ يومًا. هذا.. مع العلم بأن تهيئة الدرنات التى خُزِّنت على ٤ ْم — لمدة ٢٠ يومًا على ٢٥ ْم — لم تسمح بانخفاض نسبة اسكريات المخزلة فيها إلى ما دون المستوى الحرج (٠,٢٥٪) حتى خلال المراحل المبكرة من التخزين (Teong وآخرون ١٩٩٦).

تأثير نسبة الأكسجين فى هواء المخزن على تراكم السكريات

يعد صنفا البطاطس رصت بربانك Russet Burbank، وإنّوفيتور Innovater متوسطا إلى متأخرى النضج، ويختلفان فى القابلية لزيادة السكر بالدرنات أثناء التخزين البارد. فنجد أن الصنف رصت بربانك شديد القابلية لتراكم السكريات المختزلة (الجلوكوز والفراكتوز) عند تخزين درناته فى حرارة تقل عن ٨–٩ ْم، بينما تُظهر درنات إنّوفيتور مقاومة متوسطة لتلك الظاهرة، وتحافظ على جودة صفات التصنيع لمدة أطول فى حرارة أكثر انخفاضًا (٤–٦ ْم). ولقد وُجد أن نشاط الإنزيم alpha-1,4-glucan phospharylase كان أعلى فى درنات الصنف رصت بربانك عما فى إنّوفيتور وازداد بانتظام على امتداد فترة التخزين أيًّا كانت حرارة التخزين أو مستوى الأكسجين بالمخزن. أما درنات الصنف إنّوفيتور المخزنة فى ٢,٥ كيلوباسكال من الأكسجين (تركيز منخفض) فإنها أظهرت نشاطًا أكبر فى هذا الإنزيم من اليوم الثلاثين إلى اليوم الـ ١٥٣ من التخزين على ٤ و ٨ ْم، وذلك مقارنة بما حدث فى الدرنات التى خُزِّنت فى ٢١ كيلوباسكال أكسجين؛ الأمر الذى ارتبط بزيادة فى تراكم السكروز والتبرعم المبكر.

ويعنى ذلك أن التركيز المنخفض للأكسجين ثبَّط تراكم الحلاوة كنتيجة مباشرة لانخفاض نشاط إنزيم الإنفرتيز invertase (Herman وآخرون ٢٠١٦).

المشاكل المترتبة على زيادة نسبة السكريات

قد يُعد المحتوى العالى للدرنات من السكروز أحد العوامل غير المباشرة التى تُسهم فى دكنة لون الشبس المصنع منها؛ نظرًا لأن السكروز يعد مصدرًا هامًّا لتراكم السكريات المختزلة عند تخزين البطاطس فى حرارة منخفضة (Clegg & Chapman ١٩٦٢).

ولقد سبقت الإشارة إلى أن تراكم السكر فى درنات البطاطس هو المسئول عن ظهور اللون البنى غير المرغوب فيه فى الشبس والبطاطس المقلية؛ فيما يعرف بالتفاعل البنى Browing Reaction الذى تشارك فيه السكريات المختزلة، وتفاعل ميلارد Millard Reaction الذى تلزم له مركبات أخرى، مثل الأحماض الأمينية التى تتوفر دائمًا فى درنات البطاطس؛ مما يجعلها عاملاً غير محدد لسرعة هذه التفاعلات؛ وبذا يبقى تركيز السكريات المختزلة هو العامل المسئول عن التلون باللون البنى عند القلى.

هذا.. إلا أن دراسات Brierley وآخرين (١٩٩٦) أوضحت أن الأحماض الأمينية الحرة والبروتين الذائب ازدادا مع التخزين على ٥ْم أو ١٠ْم لمدة ٤٠ أسبوعًا، وأن معظم الزيادة حدثت خلال الفترة الأخيرة من التخزين. وإلى جانب تردى لون الشبس المصنع من الدرنات التى خزنت على ١٠ْم — الأمر الذى لم يمكن تفسيره على أساس الزيادة فى نسبة السكريات المختزلة تحت هذه الظروف — فإن إعادة تهيئة الدرنات على ٢٠ْم لم تؤثر على مستوى الأحماض الأمينية والبروتينات الحرة — الذى ارتفع خلال الفترة الأخيرة من التخزين — الأمر الذى قلل من أهمية إعادة التهيئة فى تحسين لون الشبس المصنع من الدرنات؛ لتواجد الأحماض الأمينية للتفاعل مع أية كمية متراكمة من السكريات المختزلة.

ولقد درس Ohara-Takada وآخرون (٢٠٠٥) التغيرات فى محتوى درنات البطاطس من السكر والأحماض الأمينية أثناء التخزين وتأثير ذلك على مستوى الأكريلميد acrylmide فى الشبس بعد التحمير، ووجدوا أن مستوى الأكريلميد بدأ فى الزيادة بعد ثلاثة أيام من التخزين على ٢ْم استجابة لزيادة حدثت فى محتوى الدرنات من كل من الجلوكوز

والفراكتوز. ووجد ارتباط قوى بين محتوى السكريات المختزلة ومستوى الأكريليمد (R^2= ٠,٨٧٣ للفراكتوز، و R^2= ٠,٨٣٦ للجلوكوز). أما محتوى الدرنات من السكروز فقد استمر فى الانخفاض حتى بعد ٤ أسابيع من التخزين، ولم يكن مرتبطاً بمستوى الأكريلميد. كذلك لم يُظهر محتوى الدرنات من أربعة أحماض أمينية — هى حامض الأسبارتك، والأسباراجين، والجلوتامك، والجلوتامين — أى ارتباط جوهرى بمستوى الأكريلميد. وتعنى تلك النتائج أن مستوى الأكريلميد — الذى يرتبط جيدًا بلون الشبس — يعتمد على محتوى الدرنات من السكريات المختزلة ويرتبط بها.

تباين الأصناف فى شدة حساسيتها لظاهرة تراكم السكريات

تتباين أصناف البطاطس فى سرعة تراكم السكر فى درناتها أثناء تخزينها فى حرارة منخفضة؛ فمثلاً يكون تراكم السكر فى درنات الصنف مين شِب Main Chip فى الحرارة المنخفضة بطيئًا إلى درجة أنها يمكن أن تُصَنَّع فى صورة شبس مباشرةً بعد تخزينها على ٧ ْم، دونما حاجة إلى إخضاعها إلى عملية إعادة التهيئة reconditioning فى الحرارة العالية نسبيًّا. كما أن عملية إعادة التهيئة يمكن أن تُجرى لها بسهولة عند الضرورة (Reeves وآخرون ١٩٩٤). كذلك يعتبر الصنفان برودك Brodick، وعدن Eden قليلى التأثر بالحرارة المنخفضة، حيث يظل محتواهما من السكريات ثابتًا نسبيًّا، بينما يزداد السكر بشدة فى الحرارة المنخفضة فى أصناف مثل ركورد Record، وبنتلاند دل Pentland Dell (Cottrell وآخرون ١٩٩٣).

الأساس الفسيولوجى للظاهرة

يستدل من دراسات Claassen وآخرين (١٩٩٣) على الصنف بنجى Bintje الذى يتراكم السكر فى درناته فى الحرارة المنخفضة، والسلالة KW77-2916 التى يقل فيها هذا التراكم.. يستدل منها على أن الزيادة فى نشاط إنزيم الفوسفوريليز phosphorylase التى تحدث فى الحرارة المنخفضة (٢ أو ٤ ْم) تقدح عملية تراكم السكر فى الدرنات أثناء التخزين.

وقد وُجد أن الحرارة المنخفضة ٤ ْم تسرع من تلف أغشية الأميلوبلاستيدات Amyloplasts (البلاستيدات المخزنة للنشا)؛ بدرجة أكبر فى صنف البطاطس نورشب Norchip الحساس لتراكم السكريات فى درناته فى الحرارة المنخفضة — مما فى صنف DT860-2 المقاوم لظاهرة تراكم السكريات فى درناته أثناء التخزين البارد؛ الأمر الذى يفيد احتمال وجود علاقة بين حساسية أغشية الأميلوبلاستيدات وتراكم السكريات فى درنات البطاطس (O'Donoghue وآخرون ١٩٩٥)، وخاصة أن أصناف البطاطس تختلف فى حساسيتها لظاهرة تراكم السكريات فى درناتها فى ظروف الحرارة المنخفضة، بينما لا تتحكم إنزيمات الـ invertases فى ذلك التراكم (Zenner وآخرون ١٩٩٦). كما لم تختلف الأصناف — التى تتباين فى حساسيتها لتراكم السكريات فى درناتها فى الحرارة المنخفضة — لم تختلف فى نشاط إنزيمات: ألفا أميليز alph-amylase، وبيتا أميليز beta-amylase، والـ debranching enzyme (Cottrell وآخرون ١٩٩٣).

وقد وجد أن تخزين درنات البطاطس من الصنف رَصت بربانك على ١ ْم لمدة ٢٨ يومًا أدى إلى زيادة محتواها من كل من السكروز والجلوكوز والفراكتوز، وصاحب ذلك زيادة فى نشاط كلا من الإنزيمين sucrose phosphate synthase (اختصارًا: SPS) — بمقدار ٢,٢ ضعف — و β-fructofuranosidase (سابقًا: invertase) بمقدار ٧,٢ ضعف، بينما ظل نشاط الإنزيم sucrose synthase (اختصارًا: SS) ثابتًا خلال فترة التخزين البارد، ولم يختلف نشاطه عما فى درنات خزنت على ١٠ ْم. وعندما أعقب التخزين البارد على ١ ْم تهيئة للدرنات — بتخزينها على ١٠ ْم — حدثت زيادة أولية حادة فى معدل التنفس وصلت إلى ذروتها بعد حوالى ٧ أيام، أعقبها انخفاض تدريجى. كذلك انخفض تركيز السكروز سريعًا خلال فترة وضع الدرنات على ١٠ ْم، بينما كان الانخفاض فى تركيز الجلوكوز والفراكتوز أقل حدة. وقد كانت تلك التغيرات مصاحبة بزيادة حادة فى نشاط الـ SS وصلت ذروتها بعد ٧ أيام من التخزين على ١٠ ْم، أعقبها انخفاض تدريجى إلى أن وصل نشاطه إلى مستوى النشاط فى درنات الكنترول، أما نشاط الـ SPS والإنفرتيز فقد انخفض أثناء فترة التهيئة إلى أن وصل إلى مستوى النشاط فى درنات الكنترول بعد ١٥ يومًا (Illeperuma وآخرون ١٩٩٨).

وبالإضافة إلى زيادة محتوى الدرنات من السكريات المختزلة أثناء تخزينها على ٤ ْم، فإن الـ pH ينخفض بصورة واضحة ويزداد نشاط إنزيم الفوسفورليز phosphorylase. وتؤدى تهيئة الدرنات على ٢١ ْم — بعد تخزينها على ٤ ْم — إلى خفض محتواها من السكريات وارتفاع رقمها الأيدروجينى وتحسن لون الشبس المصنع منها. والجدير بالذكر أن إنزيم الفوسفورليز يعمل على تحلل النشا؛ مما قد يجعله مؤثرًا فى محتوى السكر ودكنة لون الشبس. وقد وجد أن pH عصير الدرنات يرتبط سلبيًّا بمحتواها من السكر، ويعد دليلاً جيدًا لتقدير جودة الشبس التى يمكن أن تُصنَّع منها (Hyde & Morrison ١٩٦٤).

لقد احتوت درنات أربعة أصناف من البطاطس على مستوى منخفض من السكريات المختزلة عند الحصاد. وقد ازداد محتوى السكريات المختزلة فيها على مدى ٣٠ يومًا من التخزين على ٢٠ ْم، ثم انخفض بعد ذلك. وازداد كذلك نشاط إنزيم الإنفرتيز فى الدرنات المخزنة على ٦ ْم بانتظام على مدى ٩٠ يومًا، وبلغ أقصى معدل له على ٦ ْم نحو أربعة أضعاف نشاطه فى الدرنات التى خُزِّنت على ٢٠ ْم (Peshin ٢٠٠٠).

انخفاض نسبة النشا

تنخفض نسبة النشا فى درنات البطاطس عند تخزينها فى حرارة منخفضة، بسبب زيادة معدلات تحوله إلى سكر فى هذه الظروف، بينما قد تزداد نسبة النشا عند التخزين فى درجات الحرارة المرتفعة؛ بسبب زيادة معدلات فقد الرطوبة فى هذه الظروف، وزيادة نسبة المادة الجافة تبعًا لذلك. ولا تتأثر الخواص الطبيعية للنشا بدرجة حرارة التخزين، لكن حبيبات النشا قد تقل فى الحجم بازدياد فترة التخزين، بغض النظر عن درجة الحرارة.

التغيرات فى الكاروتينات

يتأثر محتوى الدرنات من الكاروتينات بكل من فترة وحرارة التخزين، وأيضًا بمعاملة الإشعاع لمنع التزريع. فقد وجد أن محتوى الكاروتينات يزداد فى درنات جميع الأصناف المختبرة التى خُزِّنت على ٢٥–٣٠ ْم، وبدرجة أقل على ٢–٤ ْم أو ١٥ ْم. وعندما عوملت الدرنات قبل تخزينها بأشعة جاما بجرعة مقدارها ١٠ كيلوراد انخفض محتواها من

الكاروتينات أثناء التخزين، وبخاصة على حرارة ١٥ °م، حيث بلغ الفقد ٥٠٪ بعد ستة شهور من التخزين. وعندما تمت تهيئة الدرنات التى عوملت بالإشعاع وخزنت على ١٥ °م لمدة ٧ شهور (وذلك بوضعها على ٣٤-٣٥ °م لمدة ٦-١٢ يومًا) تضاعف محتواها من الكاروتينات بمقدار الضعفين إلى الستة أضعاف (Janave & Thomas ١٩٧٩).

التغيرات فى بعض المركبات الأخرى

١- المركبات النيتروجينية:

لا تحدث أى تغيرات فى المركبات النيتروجينية إلا عند بداية نمو البراعم، حيث يزيد البرولين، وينتقل إلى النموات الحديثة.

٢- المركبات الفينولية:

يزيد حامض الكلوروجينك فى البراعم أثناء التخزين وفى الخلايا المجاورة للجروح. ويزيد التيروزين — وهو أحد المركبات النيتروجينية أيضًا — عند تعرض الدرنات للخدش أو التجريح.

لقد وجدت تباينات بين درنات إحدى عشر صنفًا من البطاطس فى محتواها من الفينولات الكلية (٧,٩-١٥,٥ مجم مكافئ حامض جاليك gallic acid/١٠٠جم)، وحامض الأسكوربيك (٨,٣-٢٤,٢مجم/١٠٠جم وزن طازج). وقد أمكن تمييز ١٢ مركبًا فينوليًا كان أكثرها تواجدًا حامض الكلوروجنك chlorogenic acid، وتلاه حامض الجاليك gallic acid، وحامض السينابك sinapic acid، وحامض الإلاَّجك ellagic acid. وقد ازداد تركيز جميع الأحماض الفينولية مع التخزين حتى ٩٠ يومًا على ٤ °م باستثناء حامض بارا-كيومارك para-coumaric acid. وقد ازداد نشاط المواد المضادة للأكسدة فى الأيام الأولى من التخزين، ثم انخفض إلى مستوى مساوٍ أو أقل من مستواه الابتدائى أيًّا كانت حرارة التخزين (٤ أو ١٥ °م)، وكان أكثر المركبات اسهامًا كمضادات للأكسدة حامض الكلوروجنك، وحامض الجاليك، وحامض فيروليك ferulic acid. وقد ترافق ذلك مع مستوى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة (سوبر أوكسيد ديسميوتيز،

وأسكوربيت بيروكسيدين)، حيث ازداد ابتداء، ثم انخفض إلى مستويات أقل من مستواها الابتدائى، ولم يتأثر بحرارة التخزين (Galani وآخرون ٢٠١٧).

٣- الكلوروفيل:

يتكون الكلوروفيل فى الخلايا السطحية إذا تعرضت الدرنات للضوء.

٤- الجليكوألكالويدات glycoalkaloides:

تزداد الجليكوألكالويدات عند تعرض الدرنات للضوء.

لقد أدى تعريض درنات البطاطس المخزنة فى الثلاجة فى ظروف الإضاءة المستمرة أو لمدة ١٤ ساعة يوميًّا إلى زيادة محتوى الدرنات من الجليكوألكالويدات خلال مدة الدراسة التى دامت ٥٦ يومًا، لكن تباينت الزيادة إلى أقل من ٢٠٠ مجم/كجم درنات (وهو الحد غير الآمن للاستهلاك) فى الصنف أجريا Agria إلى ٢٣٤,٣ مجم/كجم درنات فى الصنف بتِّينا Bettina المخزنة فى ضوء فلورسنتى مستمر (Kasmak & Artik ٢٠١٨).

كما وجد أن تعريض درنات البطاطس المخزنة للضوء الأصفر يقلل من فرصة تمثيل الجليوألكالويدات التى يتم تمثيلها فى الضوء العادى؛ بما يعنى إمكان الاعتماد عليه فى المخازن كمصدر للضوء بديل للضوء الفلورسنتى (Mekapogu وآخرون ٢٠١٦).

إن تخزين درنات البطاطس لفترة طويلة على ١٠°م دون استعمال لمثبطات التبرعم يؤدى إلى إحداث زيادة فى تركيز الجليكوألكالويدات، حيث وصلت — فى إحدى الدراسات — إلى ٥١٨ مجم/كجم مادة جافة. أما التخزين على ٤°م فلم يُصاحبه سوى زيادة طفيفة فى مستوى الجليكوألكالويدات. وفى المقابل.. أدى استعمال مثبطات التبرعم إلى خفض مستوى الجليكوألكالويدات (Hasse ٢٠١٠).

٥- التربينويدات terpenoides:

أهمها: الريشتين rishitin والفيتيوبيرين phytuberin. وقد يصل تركيزها فى الدرنات المصابة بالأمراض إلى ملليجرام واحد لكل جرام من الوزن الطازج. ويزداد التركيز عند الإصابة ببعض الفطريات؛ مثل الفطر المسبب لمرض الندوة المتأخرة، والبكتيريا المسببة لمرض التعفن البكتيرى الطرى.

٦- فيتامين ج:

يقل تركيز فيتامين ج كثيرًا أثناء التخزين من نحو ٣٠ ملليجرام/١٠٠ جم عند الحصاد إلى حوالى ١٠ ملليجرام/ ١٠٠ جم بعد أشهر قليلة من التخزين، لكن ثلثى الفقد فى فيتامين ج يكون خلال الثلاثة أو الأربعة أسابيع الأولى من التخزين.

وقد أدى التخزين لمدة ستة أسابيع على حرارة ٣٠°م إلى انخفاض محتوى درنات أربعة أصناف من البطاطس من فيتامين ج بنحو ٥٠٪ فى المتوسط، واستمر الانخفاض بعد ذلك — ولكن بدرجة أقل خلال فترة إعادة التهيئة التى أعقبت التخزين البارد ودامت لمدة أسبوعين على حرارة ٢٥°م (Okeyo & Kushad ١٩٩٥).

أما الفيتامينات الأخرى.. فيبدو أنها لا تتأثر بحرارة التخزين.

التصدير والشحن

تصدر البطاطس إلى كل من الدول الأوروبية — خاصة إنجلترا — والدول العربية، ومعظم البطاطس المصدرة إلى انجلترا هى من البطاطس الجديدة new potatoes (البلية) التى تحصد قبل تمام نضجها ويقل قطر درناتها عن ٣ سم، وترتفع فيها نسبة الرطوبة كثيرًا، حيث تبلغ كثافتها النوعية حوالى ١,٠٨، ولا تلتصق قشرتها بالدرنة.

تُصدر البطاطس البلية فى أجولة من الجوت المبطن بالبولى إيثيلين الأسود المثقب سعة ٢٢ كجم وتخلط درنات كل جوال بنحو كيلوجرام واحد من البيت موس المندى بنحو لتر ونصف من الماء، حتى تحتفظ برطوبتها خلال فترة الشحن التى تستغرق ٢-٣ أسابيع. والتى تكون فى ثلاجات على حرارة من ٣°م — ٥°م.

أما البطاطس المكتملة النضج، فإنها تصدر إلى كل من الدول العربية والأوروبية.

وعند شحن البطاطس فى الحاويات يتعين تبريدها قبل التحميل إلى ٤°م، مع ضبط منظم الحرارة على تلك الدرجة، على أن تتراوح حرارة المحصول ذاته عند تحميله بين ٤، و ٩ °م. ويجب أن تكون تهوية الحاويات بمعدل ١٥ م^{3}/ساعة (١٠ قدم مكعب/دقيقة) بالنسبة للحاويات التى تكون بطول ٦ أمتار (٢٠ قدم)، وبضعف ذلك المعدل بالنسبة للحاويات التى تكون بطول ١٢ م (٤٠ قدم)، مع توفير ٩٠٪-٩٥٪ رطوبة نسبية، علمًا بأن درجة تجمد البطاطس هى -٠,٨°م، وأن إنتاجها من الإثيلين

منخفض للغاية، وإن كانت متوسطة الحساسية للغاز الذى قد تتعرض له من مصادر خارجية. وتنطبق كل تلك الخصائص على البطاطس فى جميع مراحل التكوين من "البلية" إلى المكتملة التكوين (Optimal Fresh – الإنترنت – ٢٠٠١).

البطاطس المجهزة للمستهلك

تجهز البطاطس الطازجة للمستهلك على صورة أصابع sticks، ومجزأة إلى قطع صغيرة diced، وعلى صورة شرائح sliced، ومقشرة peeled.

يجب أن تكون البطاطس المجهزة صلبة وبدون أى تلون غير طبيعى، وخاصة التلون البنى الإنزيمى. ويُعد التقشير اليدوى أفضل من الحك الآلى. ويلزم غمر البطاطس المجهزة فى سوائل مضادة للتلون البنى مثل ٠,٥٪ L-cysteine + ٢٪ حامض ستريك مع استعمال عبوات الجو المعدل (MAP) لمنع حدوث التلون البنى للبطاطس المقشرة.

والجو الموصى به للبطاطس المجهزة هو ١٪–٣٪ أكسجين مع ٦٪–٩٪ ثانى أكسيد كربون، علمًا بأن ذلك الأمر – وحده – لا يمنع التلون البنى. وقد تحفز التعبئة تحت تفريغ نمو البكتيريا *Clostridium botulinum*.

ويتباين معدل تنفس البطاطس المجهزة (بالملليجرام ثانى اكسيد كربون لكل كيلوجرام فى الساعة) حسب طريقة التجهيز ودرجة الحرارة كما يلى:

الحرارة (°م)	المقشرة الكاملة	الأنصاف	الشرائح بسمك ٢ سم	الأصابع (بمقطع ١×١ سم)
٢	٦–٨	٨	١٠–١٢	١٢,٢
٥	٧,٨	٧,٨–٩,٨	١١,٧–١٥,٦	–
١٠	١٧–١٩	٢١–٢٢,٨	٣٨	–
٢٣	٥٤–٦٣	٨١	–	١١٧–١٢٦

ولقد احتفظت درنات البطاطس المخزنة فى الهواء العادى على ٤°م بمحتواها من حامض الاسكوربيك لمدة ٦ أيام، بينما انخفض فيها حامض الاسكوربيك عندما كان التخزين فى أى من الهواء المتحكم فى مكوناته على ٤°م أو على –٢٢°م (Tudela وآخرون ٢٠٠٢).

هذا.. ولم تظهر أى علامات على التلون البنى فى البطاطس التى جُهزت للاستعمال fresh-cut وعُبئت فى MAP تحت تفريغ خلال ١٤ يومًا من التخزين، عندما كان قد سبق تعبئتها غمرها فى ماء معامل بالأوزون ozonated water أو فى ozone-Tsunami. كما حافظت البطاطس على قوامها ونكهتها، إلا أن الغمر فى الماء المعامل بالأوزون وحده لم يكن كافيًا لخفض العد الميكروبى الكلى، بينما تحقق ذلك الانخفاض بمعاملة الـ ozone-Tsunami، وهى المعاملة التى أُوصى باتباعها (Beltrán وآخرون ٢٠٠٥).

كما أدى غمر درنات البطاطس فى ماء حرارته ٥٥ ْم لمدة ١٠–٢٠ دقيقة، ثم تخزينها لمدة يوم واحد على حرارة ٢٠ ْم قبل تجهيزها للمستهلك fresh-cut على صورة شرائح إلى منع التلون البنى للشرائح (Tsouvaltzis وآخرون ٢٠١١).

وتُفيد تعبئة البطاطس المجهزة للبطاطس فى هواء يحتوى على تركيز منخفض من الأكسجين (≥ ٠,٠٥ كيلوباسكال أكسجين $0.5\ KPa\ O_2 \geq$) فى الحد كثيرًا من ظهور أعراض التلون البنى عليها. وحدث الأمر ذاته فى كل تركيزات الأكسجين المختبرة (حتى ٢١ كيلوباسكال أكسجين) حينما جُهِّزت البطاطس من درنات أصناف تجارية محولة وراثيًّا، أوقف فيها نشاط الإنزيم بولى فينول أكسيديز، وهى التى تُعرف باسم Innate. وقد استُخدم فى هذه الدراسة الصنفين Russet Burbank، و Ranger Russet وطرازيهما الـ Innate (Ellis وآخرون ٢٠١٩).

وعندما عُومِلت البطاطس الطازجة المجهزة للمستهلك fresh-cut بغاز الأرجون، أو النيتروجين، أو بمخلوط منهما بنسبة ١:١ تحت ضغط ٤ ميجاباسكال لمدة ٦٠ دقيقة، ثم حُفِظت فى أكياس محكمة الإغلاق مملوءة بـ ٤٪ أكسجين، و٢٠٪ ثانى أكسيد كربون، و ٩٤٪ نيتروجين، وخزنت على ٤ ْم.. أُخِّرت معاملة الأرجون من فقد الرطوبة وحامض الأسكوربيك واللون والصلابة، كما ثبطت المعاملة جوهريًّا كلا من معدل التنفس وأكسدة الأغشية الخلوية ومحتوى الـ MDA، وكذلك أنقصت المعاملة العد الميكروبى جوهريًّا. وكانت المعاملة بخليط من الأرجون مع النيتروجين أفضل فى المحافظة على جودة البطاطس المجهزة للمستهلك عن معاملة النيتروجين فقط (Shen وآخرون ٢٠١٩).

الفصل الحادى عشر

إنتاج التقاوى

تعد أكثر المناطق صلاحية لإنتاج تقاوى البطاطس هى تلك التى تنخفض فيها درجة الحرارة عن ١٨ °م، وتزيد فيها نسبة الرطوبة عن ٧٥٪، وتهب عليها رياح قوية، لأن هذه الظروف لا تناسب حشرة المن *Myzus persicae*؛ وهى المسئول الأول عن نقل الأمراض الفيروسية فى البطاطس. وتتوفر هذه الظروف فى مناطق إنتاج التقاوى العالمية الهامة، كما فى اسكتلندا، وشمال أيرلندا، كما يمكن إنتاج تقاوى البطاطس فى المناطق الاستوائية التى تكون فيها درجة الحرارة أعلى مما يمكن لحشرة المن أن تتحملها، إلا أن المحصول يكون منخفضًا فيها بسبب شدة ارتفاع الحرارة (Smith ١٩٧٧).

مراحل إنتاج التقاوى فى بعض الدول

يمر إنتاج تقاوى البطاطس بعدة مراحل، ولكل دولة نظامها الخاص باعتماد التقاوى؛ حيث تخضع لعديدٍ من الخطوات وعمليات الإكثار والاختبارات المستمرة.

ويمكن تقسيم التقاوى إلى نوعين رئيسيين؛ هما:

١- تقاوى الأساس Foundation Seed: وهى على درجات لا يسمح فى كلٍّ منها بأن تزيد نسبة الإصابات الفيروسية على حدٍ معين. وتستخدم فى إنتاج التقاوى المعتمدة.

٢- التقاوى المعتمدة Certified Seed: وهى التى يستخدمها المزارعون فى الإنتاج التجارى.

إنتاج التقاوى فى هولندا

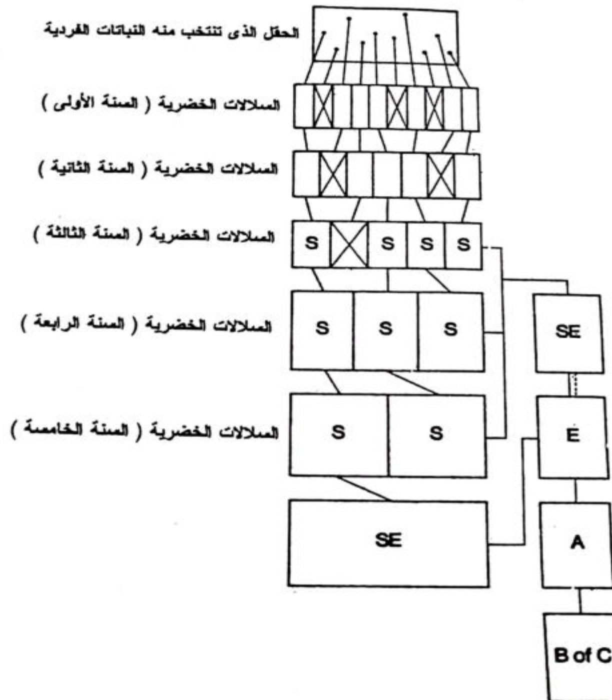
يمر إنتاج تقاوى البطاطس فى هولندا بعدة مراحل. ويرمز إلى التقاوى المنتجة فى كل مرحلة برمز معين يشير إلى رتبة التقاوى. وهذه الرتب — مرتبة تنازليًّا — هى كالتالى: S، و SE، و E، و A، و B، و C.

تعرف الرتب الثلاث الأولى (S، و SE، و E) بتقاوى الأساس، وتعرف الرتب الثلاث الأخيرة (A، و B، و C) بالتقاوى المعتمدة، وهى التى تستعمل فى الإنتاج التجارى للبطاطس.

تنتخب تقاوى الأساس برتبها المختلفة خلال السنوات الأربع الأولى على الأقل؛ حيث تنتخب سلالة خضرية لزراعتها فى السنوات التالية. وتستمر زراعة السلالات الخضرية المنتخبة مستقلة عن بعضها حتى السنة الخامسة. ويشار إليها فى السنوات الثالثة والرابعة والخامسة بالرمز S؛ وهى أعلى رتبة، ولا يزيد إكثارها أبدًا على خمسة أجيال.

أما التقاوى من رتبة SE، فإنها تنتج من خلط السلالات الخضرية المنتخبة فى السنوات الثالثة والرابعة والخامسة معًا، أو من إكثار السلالات الخضرية المستقلة فى السنة السادسة. وتستعمل رتبة SE فى إكثار رتبة E. وتستخدم رتبة E فى إكثار رتبة A، وهى التى تستخدم فى إكثار التقاوى من رتبتى B و C. ويتوقف رمز الرتبة على شدة الإصابة بالأمراض الفيروسية؛ حيث يسمح بزيادتها فى C أكثر من B.

ويوضح شكل (١١-١): خطوات إنتاج التقاوى السالفة الذكر فى هولندا (Sneep وآخرون).



شكل (١١-١): برنامج إنتاج تقاوى البطاطس فى هولندا (يراجع المتن للتفاصيل).

وتخضع حقول إنتاج تقاوى البطاطس فى هولندا لتفتيش حقلىٍّ يُجْرَى مرةً واحدةً على التقاوى من رتبة C، ويجرى مرتين بالنسبة لتقاوى جميع الرتب الأخرى. ويحدد القانون الحد الأقصى المسموح به لمختلف الإصابات المرضية، ويأخذ كل مرض — حسب خطورته وحسب رتبة التقاوى — عاملاً Factor (جدول ١١-١). يُضرب هذا العامل فى النسبة الفعلية لظهور المرض فى الحقل، ومن مجموع حاصل الضرب لمختلف الأمراض يُحْسَب دليل المرض Disease Index للحقل.

جدول (١١-١): العوامل Factors التى يأخذها — فى الحسبان — مفتشو حقول إنتاج تقاوى البطاطس فى هولندا بالنسبة لمختلف الحالات المرضية (يراجع المتن للتفاصيل (عن Hiddema ١٩٧٢).

المرض	تقاوى الأساس				التقاوى المعتمدة		
	S و SE		E		A	و B	و C
التفتيش الحقلى:	الأول	الثانى	الأول	الثانى	الأول	الثانى	
فيروسات: Stipple, Streak & Crincle	٣٢	٦٤	١٦	٣٢	١٦	٣٢	٦
الموزايك الشديد	٣٢	٦٤	١٦	٣٢	٨	١٦	٦
الموزايك المعتدل	٣٢	٦٤	١٦	٣٢	١	١	صفر
التفاف الأوراق	٨	٣٢	٨	٣٢	٨	٣٢	٦
فيروسات Acuba Mosaic & Streak Mottle	٤	٨	٤	٨	٢	٤	٦
الذبول الفيوزارى	١	١	١	١	١	١	صفر
المشتبه فى إصابتها	١	٢	١	٢	٠,٥	٢	صفر
الجور الغائبة [أ] (بسبب إزالة الـ Rogues)	٠,٥	صفر	٠,٥	صفر	٠,٥	صفر	صفر
الجذع الأسود	صفر		صفر		A =١٠	B=٢٠	٣٠

أ- يعنى عدم وجود جور غائبة عدم اهتمام منتج التقاوى بإجراء عملية التخلص من النباتات غير المرغوب فيها. ويحدد القانون الحد الأقصى المسموح به لدليل الأمراض فى مختلف الرتب كما يلى:

الرتبة	الحد الأقصى لدليل الأمراض
S و SE	٢
E	٣
A	٤
B	٨
C	١٢

أما الحقول التى يزيد فيها دليل الأمراض على ١٢ فإنها تُرفض.

وتوجد قواعد تتعلق بجميع عمليات الفحص، ومختلف الاختبارات الحقلية والمعملية، ومواعيد تقليع المحصول... إلخ. ويمكن الإطلاع على تفاصيل ذلك كله فى Hiddema (١٩٧٢). أما العمليات الزراعية المتبعة — فى هولندا — لزراعة البطاطس لغرض إنتاج التقاوى.. فيمكن الرجوع إليها فى Van der Zaag (١٩٧٢). وعن أهمية الأمراض الفيروسية بالنسبة لتقاوى البطاطس — بصورة عامة — وما تجب مراعاته بشأنها. يراجع لذلك Bokx (١٩٧٢).

إنتاج التقاوى فى الدانمرك

يمر إنتاج تقاوى البطاطس فى الدانمرك بالمراحل المبينة فى جدول (١١–٢).

جدول (١١–٢): فئات، ورتب، ومراحل إكثار تقاوى البطاطس فى الدانمرك (عن George ١٩٨٦).

السنة	الجيل	الرتبة	فئة التقاوى
١	بداية زراعة الأنسجة، وإكثار أولى بالعقل الساقية، مع التخزين		تقاوى النواة
٢	استمرار الإكثار بالعقل الساقية، ثم إنتاج أول جيل من الدرنات		
٣	الجيل الثانى للدرنات	SS	تقاوى قبل الأساس
٤	الجيل الثالث للدرنات	SS	
٥	الجيل الرابع للدرنات	S	
٦	الجيل الخامس للدرنات	SEE	
٧	الجيل السادس للدرنات	SE	
٨	الجيل السابع للدرنات	EE	تقاوى الأساس
٩	الجيل الثامن للدرنات	E	
١٠	الجيل التاسع للدرنات	AA	التقاوى المعتمدة
١١	الجيل العاشر للدرنات	A	

وكما هو مبين فى الجدول.. فإن تقاوى النواة Nuclear Stocks تتضمن الدرنات المثلة للصنف التى يتم انتخابها لتمر بمراحل الإكثار الدقيق وبالعقل الساقية؛ لتنتهى

بإنتاج الجيل الأول من الدرنات. أما تقاوى قبل الأساس Pre-basic فتشمل الرتب من SS إلى SE (جيل الدرنات الثانى إلى السادس). ويلى ذلك تقاوى الأساس Foundation Stock الذى يشمل رتبتى EE (جيل الدرنات السابع)، و E (جيل الدرنات الثامن). وأخيرًا.. فإن التقاوى المعتمدة تشمل رتبتى AA (جيل الدرنات التاسع)، و A (جيل الدرنات العاشر).

ونظرًا لأهمية المرحلة الأولى فى عملية إنتاج التقاوى (تقاوى النواة).. فسوف نتناولها بشئ من التفصيل، فيما يلى:

إن تقنيات الإكثار الدقيق يمكن أن تؤدى — فى حالة البطاطس — إلى إنتاج ١٦٠٠ درنة — على الأقل — سنويًّا من كل نبات من البطاطس. كما أن استخدام القمة الميرستيمية للنباتات فى عملية الإكثار يضمن — إلى حدٍ كبير — خلو النباتات المُكثرة من الفيروسات، وغيرها من المسببات المرضية الجهازية. ويعد ذلك أمرًا غاية فى الأهمية بالنسبة للمحاصيل التى تتكاثر خضريًا — مثل البطاطس — والتى تنتقل فيها الفيروسات تلقائيًّا مع الأجزاء الخضرية المستخدمة فى التكاثر.

وعلى الرغم من أن النباتات قد تكون مصابةً جهازيًّا بالفيروسات.. فإن القمة النامية الميرستيمية تكون غالبًا خالية تمامًا من الفيروسات، أو لا تحتوى إلا على قليل جدًا منها. ونظرًا لأن هذا الجزء قد يصعب فصله.. لذا تستعمل — أحيانًا — القمة النامية كلها، وهى التى يكون عَرْضَها — عادة — ١٠٠ ميكرون، وطولها ٥٠٠ ميكرون. ويطلق على المزارع فى هذه الحالة اسم Shoot-Tip Culture؛ وهى تُنتج كذلك نباتات خالية من الفيرس فى أغلب الأحيان.

وتفصل القمم النامية تحت المجهر. ويعتبر فصل القمة النامية سريعًا — دون إحداث أضرار بها — من أهم مقومات نجاح مزارع القمة الميرستيمية. هذا.. بالإضافة إلى أهمية بيئة الزراعة التى يجب أن تكون محفزة لتكوين الجذور والأوراق من القمم

الميرستيمية المزروعة. ويبين جدول (١١-٣) تركيب إحدى البيئات المستخدمة فى الإكثار الدقيق — بالقمة الميرستيمية — للبطاطس.

ونظرًا لصعوبة فصل القمة الميرستيمية — التى يكون طولها فى البطاطس ٠,٢٥ مم وعرضها ٠,١ مم — ولأنها لا تكون دائمًا خاليةً من الإصابات الفيروسية — لذا.. كان الاتجاه إلى مزارع القمة النامية الخضرية؛ حيث تفصل — فى حالة البطاطس — القمة النامية التى يكون طولها ملليمترًا واحدًا، وتحتوى على ٢-٣ مبادئ أوراق.

وبرغم الزيادة الكبير فى فرصة نجاح مزارع القمة النامية الخضرية، فإن فرصة خلوها من الإصابات الفيروسية تكون أقل بكثير مما فى مزارع القمة الميرستيمية. وقد أمكن التغلب على هذه المشكلة بتعريض النباتات — التى تؤخذ منها القمم النامية الخضرية لزراعتها — لدرجات حرارة مرتفعة نسبيًّا، لفترات تختلف حسب الفيروسات التى يراد التخلص منها. وتجدر الإشارة إلى أن هذه المعاملة الحرارية — التى تعرف باسم Heat Therapy — تخفض كثيرًا جدًّا من تركيز الفيرس فى النبات بصورة عامة، وقد تقضى عليه فى بعض الحالات؛ ويترتب على ذلك زيادة احتمالات خلو القمة النامية الخضرية من الفيروسات.

وكمثال على ذلك.. وضعت النموات الخضرية لنباتات بطاطس من صنف White Rose على حرارة ٣٥ْم — ٣٧ْم، بينما أبقيت نمواتها الجذرية على حرارة ٣٠ْم — ٣٣ْم. وقد أدت هذه المعاملة إلى خفض تدريجى فى نسبة النباتات الحاملة لفيرس X البطاطس (PVX) كلما ازدادت فترة التعريض للمعاملة الحرارية، إلى أن وصلت إلى ٥٠٪ بعد ثمانية أسابيع، وإلى ١٠٠٪ تقريبًا بعد ١٨ أسبوعًا. ولكن اختلفت الحال بالنسبة لفيرس S البطاطس (PVS)؛ فقد ازدادت نسبة النباتات الخالية من هذا الفيرس بزيادة فترة التعريض للحرارة العالية حتى ثمانية أسابيع، ولكن لم يصاحب زيادة الفترة على ذلك أى نقص إضافى فى نسبة النباتات الخالية من الفيرس، لدرجة أن ٢٠٪ فقط من النباتات الخالية من PVX كانت خالية — أيضًا — من PVS.

جدول (١١-٣): تركيب إحدى بيئات الإكثار الدقيق – بالقمة الميرستيمية – للبطاطس[أ] (عن George ١٩٨٦).

المكونات	التركيز (مجم/لتر)
NH_4NO_3	١٦٥٠
KNO_3	١٩٠٠
$CaCl_2.2H_2O$	٤٤٠
$MgSO_4.7H_2O$	٥٠٠
KH_2PO_4	١٧٠
$FeSO_4.7H_2O$	٢٧,٨
H_3BO_4	١,٠
$MnSO_4.4H_2O$	٠,٥
KI	٠,٠١
$CuSO_4.5H_2O$	٠,٠٣
$ZnSO_4.7H_2O$	١,٠
$AlCl_3$	٠,٠٣
$NiCl_2.6H_2O$	٠,٠٣
NaFeEDTA	٣٨,٠
Nicotinic Acid	١,٠
Thiamine HCI	١,٠
D(+) Ca-Panthothenate	٠,٥
Riboflavine	٠,١
P-Aminobenzoic acid	١,٠
Folic acid	٠,٠١
Biotin	٠,١
Indole-3-butyric acid	٠,٢
Adenine Sulphate	٨٠
Meso-inositol	١٠٠
Sucrose	٢٠٠٠٠

أ- يعدل pH البيئة إلى ٥,٣-٥,٥ بإضافة أيدروكسيد الصوديوم، أو حامض الأيدروكلوريك بتركيز مولار واحد لأى منهما. ويضاف الآجار بمعدل ٧,٥ جم/لتر من البيئة بعد تعديل الـ pH فيها.

كذلك وجد Lozoya-Saldana (١٩٦٦) أن تعريض سيقان البطاطس المصابة بفيرس إكس PVX لتيار كهربائى بقوة ١٥ milliamperes (mA) لمدة خمس دقائق قبل زراعة براعمها القمية فى بيئة صناعية لمدة ٦٠ يومًا.. أدت هذه المعاملة إلى استعادة النمو فى ٤٠٪–٨٠٪ من البراعم، مع خلو ٦٠٪–١٠٠٪ من البراعم النامية من الفيرس.

ولمزيد من التفاصيل.. يراجع Bhojwani & Razden (١٩٨٣) بشأن مزارع القمة الميرستيمية بصورة عامة، و Quak (١٩٧٢) بشأن تخليص مزارع القمة النامية الخضرية من الفيروسات بالمعاملة الحرارية.

وتتم عملية الإكثار الأولى لتقاوى النواة — لإنتاج الجيل الأول من الدرنات — خلال العامين الأول والثانى من عملية إنتاج التقاوى. وفيما يلى تفاصيل تلك العمليات — كما تجرى فى الدانمرك (عن George ١٩٨٦) — علمًا بأن مواعيد إجراء تلك العمليات على مدار العام — فى الدانمرك — هى المبينة داخل الأقواس.

١– السنة الأولى:

أ– تنتخب أفضل الدرنات الممثلة للصنف أو السلالة الخضرية (يناير).

ب– تطهر الدرنات سطحيًّا، وتترك معرضة للضوء العادى فى الصوبة على ١٧ °م–١٨ °م. ويتم اختبار كل درنة؛ للكشف عن إصابتها بمرض العفن الحلقى باستخدام اختبار الـ Immunofluorescence. وتلى ذلك زراعة، "عقل عيون" Eye Cuttings (عين بجزء من الدرنة) فى الصوبة من كل درنة يتقرر الاستمرار فى إكثارها (بداية شهر فبراير).

ج– تفصل القمم الميرستيمية النامية من البراعم الجانبية النابتة، وتوضع على بيئة مناسبة (جدول ١١–٣) فى أنابيب اختبار (مارس).

د– تختبر النباتات التى تنمو من عقل العيون لفيرس الدرنة المغزلية (منتصف أبريل).

جدول (١١-٤): تركيب بيئة زراعة العقل الساقية **Stem Nodal Cuttings** فى البطاطس(أ) (عن **George** ١٩٨٦).

المكونات	التركيز (مجم/لتر)
NH_4NO_3	١٦٥٠
KNO_3	١٩٠٠
$CaCl_2.2H_2O$	٤٤٠
$MgSO_4.7H_2O$	٥٠٠
KH_2PO_4	١٧٠
H_3BO_4	٦,٢
$MnSO_4.4H_2O$	٢٢,٣
$ZnSO_4.4H_2O$	٨,٦
KI	٠,٨٣
$Na_2MoO_4.2H_2O$	٠,٢٥
$CoCI_2.6H_2O$	٠,٠٢٥
$CuSO_4.5H_2O$	٠,٠٢٥
NaFe EDTA	٣٨,٠
Glycine	٢,٠
Nicotinic acid	٠,٥
Pyridoxine HCI	٠,٥
Thiamine HCI	٠,١
Indole-3-butyric acid	١,٠
Casein Hydrolysate	١٠٠٠
Meso-inositol	١٠٠
Sucrose	٣٠٠٠٠

أ- يعدل pH البيئة إلى ٥,٠ -٥,٢ بإضافة أيدروكسيد الصوديوم، أو حامض الأيدروكلوريك بتركيز مولار واحد لأى منهما. ويضاف الآجار بمعدل ٩,٥ جم/لتر من البيئة بعد تعديل الـ pH فيها.

هـ- تؤخذ عقل ساقية Nodal Stem Cuttings من النباتات النامية من مزارع القمة الميرستيمية، وتزرع فى بيئة مناسبة (جدول ١١-٤)، ثم تخزن - فيما بعد - على ١٠ °م-١٢ °م. هذا.. بينما يستبقى الجزء القاعدى من تلك النموات، ويزرع فى الصوبة لاختبارات الأمراض (من مايو إلى يولية).

و– تختبر نباتات مزارع القمة الميرستيمية (التى أخذت منها العقل الساقية) لمختلف الفيروسات بالوسائل السيرولوجية، وبالميكروسكوب الإليكترونى، كما تختبر للكشف عن إصابتها بمرض العفن الحلقى بطريقة الـ Immunofluorescence (من أغسطس إلى سبتمبر).

ز– يستمر إكثار نباتات المزارع المحتفظ بها فى المخازن — والتى يَثبت خلوها من مختلف الأمراض — بالعقل الساقية فى بيئة مناسبة (جدول ١١–٤) فى أنابيب اختبار (من سبتمبر إلى يناير).

٢– السنة الثانية:

أ– تنقل عقل ساقية Stem Cuttings — طولها حوالى سنتيمتر واحد — من أنابيب الاختبار إلى صوان تحتوى على كومبوست أساسه البيت موس (بداية مارس).

ب– تزرع عقل ساقية — من تلك النامية فى الصوانى — فى صوان تحتوى على كومبوست أساسه البيت موس. توضع هذه الصوانى فى صوبات محصنة ضد الحشرات Insect proof. تعامل بيئة الزراعة بالتمك ١٠ ج المحبب Temik 10 G (ألديكارب Aldicarb) ثلاث مرات؛ بمعدل ٧ جم/م٢ فى كل مرة؛ لمزيد من الوقاية ضد المن. وينظم الرى بالتنقيط لنباتات البطاطس من الخارج (بداية شهر أبريل).

ج– يوقف الرى لوقف نمو النباتات (بداية شهر يوليو).

د– تحصد الدرنات (نهاية شهر يوليو).

هـ تخزن الدرنات — فى أجولة شبكية — على ٤ْم (منتصف شهر أغسطس).

ويوضح شكل (١١–٢) تفاصيل مختلف مراحل الإكثار الأولى لتقاوى النواة كما شُرِحت آنفاً.

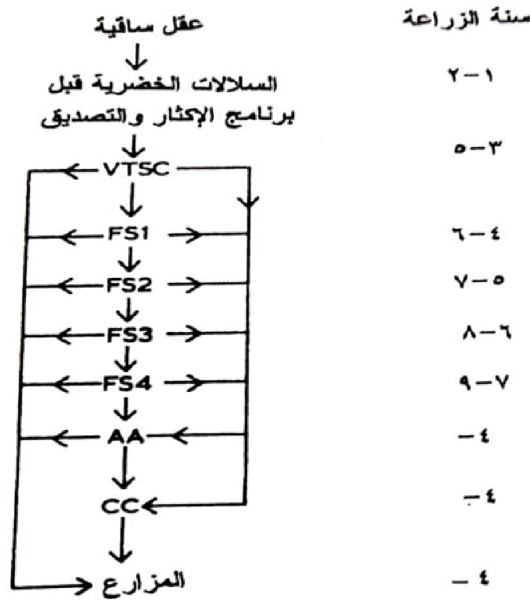
ولمزيد من التفاصيل عن مختلف مراحل إنتاج تقاوى البطاطس المعتمدة فى الدانمرك يراجع George (١٩٨٦).

شكل (١١–٢): مراحل الإكثار الأولى الدقيق لتقاوى النواة فى الدانمرك.

إنتاج التقاوى فى المملكة المتحدة وأيرلندا

تستخدم نفس الرموز السابقة ونفس الطريقة فى إنتاج التقاوى فى معظم الدول الأوروبية، فيما عدا إنجلترا وأيرلندا؛ حيث يستخدم فيهما الرمز FS مكان E، والرمز AA أو A_1A_1 مكان A. ويتبع فى إنجلترا نظام اعتماد التقاوى المبين فى شكل (١١–٣).

وتشتمل تقاوى الأساس على الدرجات VTSC (عقل ساقية اختُبر خلوها من الفيروسات Virus-Tested-Stem-Cuttings، و FS (تقاوى الأساس Foundation Seed)، و AA. أما التقاوى المعتمدة، فهى التى يرمز إليها بالرمز CC. وتبين الأسهم المراحل التى تمر بها إكثار العقل الساقية المختبرة حتى إنتاج التقاوى المعتمدة، وتظهر بالشكل السنة التى يبدأ فيها إنتاج كل درجة من درجات التقاوى من وقت زراعة السلالات الخضرية — التى يبدأ بها برنامج الإكثار — حتى إنتاج التقاوى المعتمدة (Wurr ١٩٧٨).



شكل (١١–٣): برنامج إنتاج تقاوى البطاطس فى المملكة المتحدة (يراجع المتن للتفاصيل).

تشمل تقاوى الأساس الرتب: VTSC، و Super Elite، و Elite، و AA، وهى التى تكثر لإنتاج رتبة التقاوى المعتمدة CC، التى تزرع فى حقول البطاطس التجارية فقط ولا يمكن الاستمرار فى إكثارها.

ولا تنتج رتبتا الـ VTSC، والـ Super Elite إلا فى المناطق التى تقل فيها كثيرًا احتمالات الإصابة بالمن، وهى — فى المملكة المتحدة — تتضمن أسكتلندا، وأيرلندا الشمالية، وبعض المناطق الأخرى.

هذا.. ويكون الحد الأقصى لعدد أجيال الإكثار فى كل رتبة كما يلى: VTSC ثلاث سنوات، و Super Elite ثلاث سنوات، و Elite ثلاث سنوات، و AA بدون حدود، أما رتبة CC فلا تستخدم إلا فى الزراعة التجارية.

وتخضع حقول إنتاج تقاوى البطاطس فى المملكة المتحدة لعمليات تفتيش حقلىٍّ Field Inspection تعتمد على مقاييس واعتبارات تختلف باختلاف رتبة البطاطس

المنتجة؛ فبداية.. يجب أن يكون المحصول قوى النمو، وألا يكون قد فُقَدت كثير من نباتاته خلال عمليات التخلص من النباتات غير المرغوب فيها (Roguing)؛ وهى النباتات المخالفة للصنف والمصابة بالأمراض. كما يجب ألا يكون الحقل قد تعرض للإصابة بأى مرض، أو أية آفة تجعله غير صالح لإنتاج التقاوى.

ويبين جدول (١١-٥): الحد الأقصى المسموح به من مختلف الأمراض والتشوهات فى مختلف رتب البطاطس فى المملكة المتحدة.

جدول (١١-٥) الحد الأقصى المسموح به (٪) لمختلف الأمراض والتشوهات فى رتب البطاطس المنتجة فى المملكة المتحدة (عن Parry ١٩٩٠).

الأمراض والتشوهات	الرتبة				
	VTSC	**Super Ellite**	**Elite**	**AA**	**CC**
النباتات المخالفة للصنف والمشوهة	صفر	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,١	٠,٥
فيرس التفاف أوراق البطاطس	صفر	٠,٠١	٠,١	٠,٢٥	٢,٠
أمراض الموزايك الشديدة	صفر	صفر	٠,١	٠,٢٥	٢,٠
فيرس تحلل عروق التبغ	صفر	صفر	٠,١	٠,٢٥	٢,٠
أمراض الموزايك المعتدلة	صفر	٠,٠٥	٠,٥	١,٠	٥,٠
الجذع الأسود	صفر	٠,٢٥	٠,٥	١,٠	٢,٠

ويُجرى تفتيش تأكيدى آخر للدرنات لتقييم مستوى إصابتها بمختلف الأمراض والآفات قبل تسويقها.

ولمزيد من التفاصيل عن إنتاج تقاوى البطاطس فى المملكة المتحدة — وغيرها من الدول الغربية — يراجع Wurr (١٩٧٨).

إنتاج التقاوى فى مصر

تُنتج التقاوى فى مصر لزراعة العروة الخريفية والعروة المحيرة الصيفية، ويراعى فى عملية الإنتاج، ما يلى:

١- تُزرع حقول إنتاج التقاوى بدرنات كاملة غير مجزأة؛ تجنبًا لانتشار الأمراض الفيروسية.

٢- تفضل الزراعات الصيفية المبكرة فى منتصف يناير عن الزراعات المبكرة جدًّا قبل ذلك، أو الزراعات المتأخرة؛ لأن التبكير فى زراعة حقول إنتاج التقاوى عن منتصف شهر يناير يؤدى إلى نقص المحصول، والتأخير عن هذا الموعد يؤدى إلى زيادة الإصابة بالأمراض الفيروسية.

٣- ترش حقول إنتاج التقاوى بالمبيدات باستمرار، لمنع الإصابات المرضية والحشرية وخاصة حشرة المن والحشرات الثاقبة الماصة.

٤- تجرى عملية التفتيش الحقلى أسبوعيًّا، وتزال — أثناء ذلك — جميع النباتات التى تظهر عليها أعراض الإصابة بأى مرض فيرسى — وكذلك النباتات المصابة بالأمراض الأخرى.

٥- تقلع عروش النباتات (أى نمواتها الهوائية) وهى ما زالت خضراء، على أن يكون ذلك قبل الحصاد بيومين على الأقل؛ وذلك بجذبها يدويًّا، ومراعاة ألا يتبقى منها أية نموات يمكن ان تجذب إليها المن.

وقد وجد Abdel-Aal وآخرون (١٩٩١) أن قتل النموات الخضرية فى حقول إنتاج التقاوى فى العروة الصيفية مبكرًا كان أفضل من قتلها فى مرحلة متأخرة من نموها. وأن استعمال المركبات التى تعطى قتل سريع مثل جِساباكس Gesapax (أميترين ametryn) كان أفضل من استعمال المركبات الأقل سرعة منه فى قتل النموات الخضرية. وقد انعكس ذلك على زيادة محصول العروة الخريفية التى زرعت بالتقاوى التى أنتجت فى العروة الصيفية، ونقص نسبة إصابتها بفيرس التفاف أوراق البطاطس.

٦- تجرى عملية العلاج التجفيفى للدرنات بعد تقليعها مباشرة بالطريقة التالية:

أ- تُهوَّى الدرنات لفترة قصيرة بعد التقليع.

ب- تجمع الدرنات فى مراود فى رأس الحقل، أو فى النوالة مباشرة إن كانت قريبة حيث تجرى لها عملية فرز أولى، وتؤخذ عينات من الدرنات لتحديد نسبة الإصابات البكتيرية.

ج- يستمر العلاج مدة ١٠ أيام إلى ١٥ يومًا — حسب نوع التربة، ودرجة النضج، والصنف — تظل خلالها البطاطس فى مراود بارتفاع متر، وتغطى بطبقة سمكها ٥٠ سم من قش الأرز، مع تعفير القش بأى مبيد حشرى مناسب.

د- يُجْرى فرز آخر بعد انتهاء عملية العلاج التجفيفى؛ وذلك لاستبعاد الدرنات التى كانت إصابتها غير ظاهرة عند الحصاد، وتطورت أثناء العلاج.

هـ- يتم أثناء الفرز اختيار الأحجام المناسبة لاستخدامها كتقاوٍ.

٧- تعبأ الدرنات بعد ذلك فى أجولة سعتها ٢٥-٣٠ كجم، بدلاً من أقفاص الجريد.

٨- تخزن الدرنات المعبأة فى الأجولة فى ثلاجات على حرارة ٣-٤ ْم، ورطوبة نسبية ٨٥٪-٩٥٪، مع مراعاة ترك فراغات مناسبة بين الرصّات، وعدم المغالاة فى ارتفاعها؛ حتى لا يؤدى ذلك إلى ارتفاع درجة الحرارة داخل الثلاجات.

تخزن تقاوى العروة الخريفية فى الثلاجات بمصر خلال الفترة من شهر يونيو حتى شهر سبتمبر، ويستمر التخزين إلى شهر نوفمبر بالنسبة لتقاوى العروة المحيرة، وإلى شهرى ديسمبر ويناير بالنسبة لتقاوى العروة الصيفية. وترفع درجة الحرارة فى الأسابيع الأخيرة من التخزين إلى ١٠ ْم — ١٥ ْم لإسراع الإنبات، وقد يتم إخراج التقاوى من المخازن قبل زراعتها بنحو ٢-٣ أسابيع، دون ما حاجة إلى رفع درجة الحرارة. وتعتبر هذه الفترة ضرورية لبدء التنبيت الأخضر للدرنات.

تفرز الدرنات مرة أخرى قبل زراعتها. ويجب ألا تجرى عملية الفرز إلا بعد ترك الدرنات فى مكان مظلل جيد التهوية؛ لفترة تكفى لأن تكتسب الدرنات درجة حرارة الظل. هذا.. وتتوفر فى مصر ثلاجات تكفى لتخزين تقاوى البطاطس؛ وبذا تنتفى الحاجة إلى التخزين فى نوالات.

٩- ومع ذلك.. فإن نسبة من الدرنات المعدة لاستعمالها كتقاوٍ فى العروة الخريفية مازالت تخزن فى النوالات. وهذه يجب أن تعالج بالطريقة السالفة الذكر، ثم تخزن فى نوالات نظيفة لا يدخلها ضوء الشمس المباشر، وأن تكون درجة حرارتها مناسبة قدر الإمكان، مع ضرورة تطهيرها بأى مبيد حشرى مناسب لمقاومة فراش درنات البطاطس. ويجب عدم ارتفاع الدرنات لأكثر من متر واحد، مع التغطية الجيدة بقش الأرز لارتفاع ٥٠ سم. ويراعى — أيضًا — الكشف على الدرنات أثناء التخزين؛ للتأكد من عدم إصابتها بالأمراض، وخاصة العفنين الجاف والطرى، مع استبعاد الدرنات المصابة فورًا.

هذا.. ولا تترك الدرنات للتنبيت وهى فى مكانها؛ حيث تكون الظروف مظلمة؛ مما يؤدى إلى إنتاج نموات طويلة ورهيفة، بل يراعى إجراء عملية التنبيت فى مكان يدخله ضوء غير مباشر، كذلك يراعى فرز الدرنات جيدًا لاستبعاد التالفة وغير النابتة. ولا تقطّع الدرنات على الإطلاق عند التخزين فى النوالات.

يتبين مما تقدم أن تقاوى البطاطس المحسنة المنتجة محليًّا — فى العروة الصيفية — تغطى كل احتياجات العروتين الخريفية والمحيرة، وجانبًا كبيرًا من احتياجات العروة الصيفية التالية.

وتجدر الإشارة إلى أن العروة المحيرة — التى تزرع خصيصًا للتصدير من منتصف شهر أكتوبر حتى أواخر نوفمبر، والتى تعطى محصولها مبكرًا من منتصف شهر يناير؛ مما يسمح بإطالة موسم التصدير — لا يمكن زراعتها إلا بتقاوٍ منتجة محليًّا؛ لأن التقاوى المستوردة لا يمكن الحصول عليها قبل شهر ديسمبر. أى إن إطالة موسم التصدير ليبدأ من منتصف شهر يناير — بدلاً من منتصف شهر مارس — لا يمكن أن يتحقق إلا بالاعتماد على التقاوى المنتجة محليًّا. هذا مع العلم أن موسم تصدير البطاطس المصرية إلى أوروبا ينتهى بنهاية شهر أبريل.

وكان قد اقترح توفير التقاوى اللازمة لزراعة العروة الصيفية بإحدى طريقتين، كما يلى:

١- بأخذ تقاوى العروة الصيفية من محصول العروة الخريفية الذى ينتج فى ديسمبر أو يناير، مع كَسْرٍ طَوْر السكون فى الدرنات بالمعاملات الكيميائية.

٢- بأخذ تقاوى العروة الصيفية من محصول العروة الصيفية السابق، مع تخزينه فى الثلاجات — كما أسلفنا — وتبلغ فترة التخزين فى هذه الحالة ٦-٧ أشهر.

ونظرًا لزيادة شدة الإصابة بالأمراض الفيروسية فى العروة الصيفية — بسبب ارتفاع درجة الحرارة، وزيادة النشاط الحشرى — كان الاتجاه نحو الحل الثانى المتمثل فى أخذ تقاوى العروة الصيفية من محصول السابق، مع تخزينه فى الثلاجات لحين استخدامه فى الزراعة. ومما شجع على رفض الحل الأول أنه يعنى إكثار التقاوى المستوردة مرتين (فى العروتين الصيفية والخريفية) قبل استعمالها فى العروة الصيفية التالية، ويعنى ذلك تفاقم مشكلة الإصابات الفيروسية.

وتجدر الإشارة إلى أنه يمكن تخزين تقاوى البطاطس بحالة جيدة لمدة عشرة شهور، دون أن يؤثر ذلك فى نسبة الإنبات عند الزراعة. وتتفاوت أصناف البطاطس فى مقدرتها على تحمل التخزين لفترات أطول من ذلك. وعلى الرغم من أن هذا الأمر غير ضرورى فى الإنتاج التجارى للتقاوى.. فقد أمكن تخزين تقاوى بعض الأصناف لفترات وصلت إلى ٣٢ شهرًا، ووصلت فى الصنف نور ديلنج Noordeling إلى ثلاث سنوات ونصف السنة، ولكن النموات الناتجة من زراعة هذه الدرنات كانت فى جميع الحالات رفيعة وضعيفة (عن Smith ١٩٦٨).

ويرجع ضعف النموات التى تكونها درنات البطاطس التى تخزن لفترات طويلة — كأن تصل إلى ١٧ شهرًا — إلى نقص قدرة هذه الدرنات على تمثيل الإنزيمات اللازمة لتمثيل البروتينات التى تحتاج إليها النموات الجديدة (Kumar & Knowles ١٩٩٣).

إنتاج التقاوى فى المملكة العربية السعودية

تنتج تقاوى البطاطس فى المملكة العربية السعودية فى العروة الربيعية (الصيفية) لاستخدامها فى زراعة العروة الخريفية فى شهرى سبتمبر وأكتوبر. وتزرع لهذا الغرض تقاوى أساس مستوردة من الرتب العالية فى حقول تعرف بخلوها من مسببات الأمراض والآفات التى تعيش فى التربة. ويتم فحص هذه الحقول مرتين أثناء نمو النباتات؛

للتأكد من عدم زيادة نسب الإصابات المرضية والحشرية عن الحدود القصوى المسموح بها (جدول ١١-٦).

جدول (١١-٦): الحدود القصوى المسموح بها من مختلف الإصابات المرضية والحشرية فى حقول إنتاج البطاطس بالمملكة العربية السعودية (عن Van der Zaag ١٩٩١).

الأعراض أو المرض	المسبب	الحد الأقصى المسموح به (٪) فى التفتيش	
		الأول	الثانى
الجذع الأسود وعفن الساق	*Erwinia* spp.	٣	١
الذبول البكتيرى	*Ralstonia*	صفر	صفر
الذبول الفيوزارى[أ]	*Fusarium* spp.	١	١
ذبول فيرتسيليم [أ]	*Verticillium dahliae*	١	١
الندوة المبكرة [ب]	*Alternaria solani*	٥	١٠
رايزكتونيا	*Rhizoctonia solani*	١٠	١٠
التفاف الأوراق[ج]	PLRV	٢	١
موزايك[ج]	PVY^N	٢	١
تنقيط بالألوان[ج] Calico	AMV	٤	٢
أنفاق بالأوراق	*Phthorimaea operculella*	–	١٠
ثآليل على الجذور والدرنات	*Meloidogyne* spp.	١	١

أ- الحد الأقصى المسموح به للذبول الفيوزارى وذبول فيرتسيليم – معًا – فى أى من الفحصين ١٪.

ب- يُعنى بالأعراض إصابة معظم أوراق النبات.

ج- الحد الأقصى المسموح به لجميع الإصابات الفيروسية مجتمعة فى أى من الفحصين ٢٪.

طرق وممارسات زراعية وتقنيات خاصة فى إنتاج تقاوى البطاطس

إنتاج الدرنات الصغيرة

يعد إنتاج الدرنات الصغيرة mini-tubers – بزراعة النباتات الناتجة من الإكثار الدقيق – فى التربة – وسيلة فعالة لإنتاج تقاوى البطاطس التى يمكن استعمالها فى الزراعة. ويمكن لأجل تحقيق ذلك إما زراعة النباتات الناتجة من الإكثار الدقيق –

مباشرة — فى التربة، وإما زراعة الدرنات الصغيرة جدًّا micro-tubers– الناتجة من نباتات الإكثار الدقيق — فى التربة. ويتم الإكثار الدقيق بزراعة القمم النامية لبراعم الدرنات على بيئة موراشيج وسكوج معدلة. وعند زراعة النباتات الناتجة منها فى الصوبة؛ فإنها تنتج درنات صغيرة يتراوح قطرها بين ٩ ملليمترات و١٥ ملليمترًا خلال ٧٠ يومًا من النمو فى التربة. كما أن نباتات الإكثار الدقيق التى تبقى فى المزارع لمدة ٨٦ يومًا تنتج درنات صغيرة جدًّا، يتراوح قطرها بين ملليمترين و١٠ ملليمترات، وبعض الدرنات الصغيرة. وهذه الدرنات الصغيرة جدًّا تكون جلدًا أخضر صلبًا إذا عرضت للضوء لمدة ثلاثة أسابيع، ويمكن تخزينها فى الظلام على حرارة ٤ْم لمدة ستة شهور (Alloowalia ١٩٩٤).

وقد فصّل Roy وآخرون (١٩٩٥)، و Ahmed وآخرون (١٩٩٥) طريقة إنتاج تقاوى البطاطس الصغيرة الحجم بزراعة العقل الساقية فى أحواض خاصة فى الصوبة تملأ حتى عمق ١٨ سم بمخلوط من البيت موس والبرليت بنسبة ٥: ١؛ حيث يتم تجذير العقل القمية (للنباتات الصغيرة النامية فى البيئات الصناعية) تحت "المست" mist قبل شتلها فى الأحواض، وتكرار الأمر نفسه بالنسبة للنموات الجانبية التى تتكون بعد فصل العقل القمية؛ وبذا.. يمكن مضاعفة عدد الشتلات التى يُحصل عليها من كل نباتٍ نام فى البيئة الصناعية، مع الحصول على درنات صغيرة mini-tubers تصلح كتقاوٍ.

إنتاج الدرنات الميكرو فى البيئات الصناعية وكبسلتها لتصبح بذورًا صناعية

زُرعت الـ shoot explants للبطاطس فى بيئة DCR مزودة بـ ١ مجم BA + ٠,٥ مجم IBA/ لتر، ثم نُقلت إلى بيئة حاثّة لإنتاج الـ microtubers، وهى بيئة DCR تحتوى على ٥ مجم BA/لتر، حيث أُنتجت الـ microtubers بعد ٣٥ يومًا، وكانت بقطر ٠,٣–٠,٥ سم، ثم استُخدمت ألجينات الصوديوم sodium alginate فى كبسلتها لإنتاج بذور صناعية كانت نسبة إنباتها > ٩٠٪ فى بيئة خالية من الهرمونات (Tang وآخرون ١٩٩٦).

الاستعانة بالدرنات الهوائية كتقاو

إن بالإمكان إنتاج درنات هوائية من البطاطس فى آباط الأوراق واستخدامها كتقاوٍ. ويتم إنتاج هذه الدرنات بزراعة عقل ساقية تتكون كل منها من عقدة واحدة فى الصوبة، مع تعريض السيقان التى تنمو منها لفترة ضوئية قصيرة. تؤدى هذه المعاملة إلى إنتاج حوالى ١١ درنة هوائية — فى المتوسط — فى آباط الأوراق بكل نبات (Marinus ١٩٩٣)، ولكن مع حدوث انخفاض فى أحجامها إلى ٥–١٣ مم بدلاً من ١٤–١٩ مم (Haverkort & Marinus ١٩٩٥).

تزريع الدرنات فى الضوء

وجد أن تزريع الدرنات — المستخدمة فى إنتاج محصول التقاوى — لفترة طويلة (حتى ٩٠ يومًا) على حرارة ٤ °م وفى الضوء الصناعى أدى إلى زيادة عدد الدرنات الصغيرة المفضلة كتقاو، والتى يتراوح قطرها بين ٢٨ ملليمترًا و ٤٥ ملليمترًا؛ وذلك بسبب تسبب المعاملة فى زيادة عدد السيقان بكل نبات عند إنتاج محصول التقاوى (Waart ١٩٩٣).

المعاملة بالجبريللين قبل الزراعة

تؤدى معاملة الدرنات المستعملة فى زراعة حقول إنتاج التقاوى بحامض الجيربلليك بتركيز جزء واحد إلى جزأين فى المليون إلى زيادة عدد السيقان/نبات، وزيادة عدد الدرنات من الأحجام الصغيرة المفضلة كتقاوٍ؛ دون التأثير على المحصول الكلى فى حقل إنتاج التقاوى. وتفيد هذه المعاملة بصفة خاصة فى إنتاج تقاوى الأصناف ذات الدرنات الكبيرة الحجم (Mikitzel ١٩٩٣).

كثافة الزراعة

تبعًا لـ Vecchio وآخرين (١٩٩١أ) فإن زيادة كثافة الزراعة فى حقل إنتاج التقاوى حتى ١٠–١٦ نباتًا/م^{2} أدت إلى زيادة محصول الدرنات الصغيرة التى يتراوح

قطرها بين ٢٨ ملليمترًا و٥٥ ملليمترًا المفضلة كتقاو، وكان ذلك مصاحبًا بانخفاض فى عدد السيقان/نبات، وفى متوسط وزن الدرنة، ولكن كثافة الزراعة لم تؤثر على المحصول الكلى. وتأيدت هذه النتائج بأبحاث Nel وآخرين (١٩٩٣) الذين وجدوا — كذلك — أن العائد الاقتصادى من الزراعة الكثيفة ينخفض بزيادة كثافة الزراعة.

معاملة حقول إنتاج التقاوى بمنظمات النمو

يؤدى رش النموات الخضرية للبطاطس فى حقول إنتاج التقاوى بالدامينوزايد Daminozide بتركيز ٥ جم/لتر إلى زيادة عدد العيون على الدرنات المنتجة (الدرنات المزمع استعمالها كتقاو) بنسبة حوالى ٢٧٪ إلى ٣١٪، دون التأثير على توزيعها بين طرفى الدرنة القاعدى والقمى، وصغر حجم الدرنات، مع عدم التأثير على المحصول الكلى المنتج من حقل إنتاج التقاوى (Mikitzel ١٩٩٥).

كما أدت معاملة النموات الخضرية بالبكلوباترازول Paclobutrazol بتركيز ٤٥٠ جزءًا فى المليون فى مرحلة مبكرة من تكوين الدرنات إلى زيادة أعداد الدرنات الصغيرة، دون التأثير على المحصول الكلى (Bandara & Tanino ١٩٩٥).

اختبارات الكشف عن الإصابات البكتيرية

تنتشر بكتيريا العفن البنى *Ralstonia solanacearum* فى بعض الدول التى تُستورد منها البطاطس بكميات كبيرة؛ مثل هولندا التى توجد فيها البكتيريا منذ عام ١٩٩٥؛ الأمر الذى حدا بفرنسا إلى وضع قواعد للحجر الزراعى؛ لمنع وصول البكتيريا إليها من هولندا (Durand ١٩٩٦).

وتتلوث درنات البطاطس ببكتيريا العفن الطرى *Erwinia carotovora* دون أن تظهر أية أعراض عليها. وفى إحدى الدراسات التى اتبعت فيها طريقة تحضين الدرنات tuber incubation method اكتشف وجود هذه البكتيريا فى ٨٢٪ من درنات التقاوى المستعملة تجاريًا فى فنلندا. وقد أوضح الحصر شيوع تحت النوع *E. carotovora* subsp. *atroseptica* عن *E. carotovora* subsp. *carotovora* (Harju & Kankila ١٩٩٣).

كذلك تستخدم اختبارات الـ ELISA، والـ PCR فى الكشف عن تلوث درنات التقاوى بهذه البكتيريا (De Boer & Ward ١٩٩٥).

واكتشف كذلك وجود بكتيريا العفن الحلقى *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepdonicus* بأعداد كبيرة فى عديد من العينات الدرنية والخضرية من أصناف بطاطس لا تظهر عليها أية أعراض مرضية (Kriel وآخرون ١٩٩٥أ). وعلى الرغم من أن القواعد المنظمة للتفتيش الحقلى فى أمريكا الشمالية لا تسمح بأية نسبة إصابة بهذا المرض، إلا أنه لم يُقضَ عليه. ومن المعلوم أن أصناف البطاطس المقاومة لهذه البكتيريا يمكنها أن تتحملها، ولكن أعراض الإصابة لا تظهر عليها (عن Kriel وآخرين ١٩٩٥ب).

ويجرى الكشف عن وجود البكتيريا المسببة لمرض العفن فى الأنسجة المصابة. بكفاءة باختبار الـ بى سى آر PCR (Hu وآخرون ١٩٩٥).

تخليص التقاوى من الإصابات الفيروسية

جرت محاولة لتخليص بعض أصناف البطاطس القديمة الهامة من فيروسات Y البطاطس، و M البطاطس، و X البطاطس، و S البطاطس، وذلك باتباع تقنيات: زراعة الميرستيم meristem culture، وبالمعاملة الكيميائية chemotherapy، وبالمعاملة الحرارية thermotherapy، وبالتجميد الفائق cryotherapy. ولم يمكن الحصول على نباتات خالية من الإصابات الفيروسية إلاّ بتقنية زراعة الميرستيم، وتقنية الجمع بين المعاملة الكيميائية والمعاملة الحرارية، أما معاملة التجميد الفائق فلم تكن فعالة فى التخلص من الفيروسات (Zhang وآخرون ٢٠١٩).

ولمزيد من التفاصيل حول وسائل تخليص البطاطس من الإصابات الفيروسية ووسائل الكشف عنها بعد ذلك.. يراجع Gong وآخرين (٢٠١٩).

مصادر الكتاب

الإدارة العامة للإرشاد الزراعى — وزارة الزراعة — جمهورية مصر العربية (١٩٧٧). زراعة البطاطس — ٤٣ صفحة.

استينو، كمال رمزى، وعزالدين فراج، ومحمد عبدالمقصود محمد، ووريد عبدالبر وريد، وأحمد عبدالمجيد رضوان، وعبدالرحمن قطب جعفر (١٩٦٣). إنتاج الخضر. مكتبة الأنجلو المصرية — القاهرة — ١٣١٠ صفحات.

لجنة مبيدات الآفات الزراعية — وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى (٢٠١٨). التوصيات المعتمدة لمكافحة الآفات الزراعية — جمهورية مصر العربية — ٣٥٥ صفحة.

مرسى، مصطفى على، ونعمت عبدالعزيز نورالدين (١٩٧٠). البطاطس. مكتبة الأنجلو المصرية — القاهرة — ٣٥٦ صفحة.

وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى — جمهورية مصر العربية (١٩٩٤). زراعة وإنتاج البطاطس — ١٢٦ صفحة.

Abbasi, N. A. et al 2009. Encapsulated calcium carbide enhances production and postharvest performance of potato. (*Solanum tuberosum*) tubers. N. Z. J. Crop Hort. Sci. 37: 131-139.

Abdel-Aal, S. A., N. M. Kandeel, and S. A. Ahmed. 1991. Studies on potato haulm killing. II. Productivity of nili plantation. Assiut. J. Agric. Sci. 22 (5): 171-181.

Abdul-Baki, A. A. and T. Solomons. 1994. Diffusivity of carbon dioxide through the skin and flesh of 'Russet Burbank' potato tubers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119 (4): 742-746.

Adisarwanto, T. W. 1993. Tuber formation of different potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars at high temperatures. Agrivita 16 (1): 38-42. (c.a. Field Crop Abstr. 47 (1): 455; 1994).

Afek, U. and S. J. Kays. 2004. Postharvest physiology and storage of widely used root and tuber crops. Hort. Rev. 30: 253-316.

Afek, U., J. Orenstein, and E. Nuriel. 1999. Fogging disinfectants inside etorage rooms against pathogens of potatoes and sweet potatoes. Crop Prot. 18 (2): 111-114.

Afek, U., J. Orenstein, and E. Nuriel. 2000. Using HPP (hydrogen peroxide plus) to inhibit potato sprouting during storage. Amer. J. Potato Res. 77 (1): 63-65.

Ahloowalia, B. S. 1994. Production and performance of potato mini-tubers. Euphytica. 75 (3): 163-172.

Ahmed, S. A. and N. M. Kandeel. 1991. Response of certain potato cultivars to weed control practices with linuron. Assiut. J. Agr. Sci. 22 (5): 222-236.

Alsadon, A. A., H. M. Wahdan, and M. F. Wahby. 1993. Yield and physical properties of potato tuber as influenced by planting depth. J. King Soud Univ. Agric. Sci. 5 (2): 227-235.

Al- Fayyad, M. and M. A. Kasrawi. 1991. Dormancy response of potatoes to gibberellic acid and thiourea. Dirasat. Series B, Pure and Applied Sciences 18 (1): 18-27.

Allen, E. J., P. J. O'Brien and D. Firman. 1992. An evaluation of small seed for ware-potato production. J. Agric. Sci. 118 (2): 185-193.

Almekinders, C. J. M. and P. C. Struik. 1994. Photothermal response of sympodium development and flowering in potato (*Solanum tubersun* L.) under controlled conditions. Netherlands J. Agric. Sci. 42 (4): 311-329.

Almekinders. C. J. M., J. H. Neuteboom, and P. C. Struik. 1995. Relation between berry weight, number of seeds per berry and 100-seed weight in potato inflorescences. Sci. Hort. 61 (3/4): 177-184.

Almekinders, C. J. M., A. S. Chilver, and H. M. Renia. 1996. Current status of the TPS technology in the world. Potato Res. 39 (3): 289-303.

Andreu, A. B., M. G. Guevara, E. A. Wolski, G. R. Daleo, and D. O. Caldiz 2006. Enhancement of natural disease resistance in potatoes by chemicals. Pest Management Science 62 (2): 162-170.

Avery, G. S., Jr., E. B. Johanson, R. N. M. Addoms, and B. F. Thompson. 1947. Hormones and horticulture. McGraw-Hill Book Co., N. Y. 326 p.

Bailey, R. J. and S. J. Groves. 1992. The effect of irrigation on the yield and nitrogen fertiliser response of potatoes. Aspects of Applied Biology No. 33: 45-50.

Bandara, P. M. S. and K. K. Tanino. 1995. Paclobutrazol enhances minituber in Norland potatoes. J. Plant Growth Reg. 14 (3): 151-155.

Barta, S. W. T. 1993. Male-fertile potato flowers are selectively buzz-pollinated only by *Bombus terricola* Kirby in upstate New York. J. Kansas Ent. Soc. 66 (2): 252-254.

Barta, V. K, Y. S. Malik, and M. L. Pandita. 1994. Effect of growth regulators on seedling tuber production in field. J. Indian Potato Assoc. 21 (1-2): 116-121.

Baritelle, A. L. and G. M. Hyde. 2003. Specific gravity and cultivar effects on potato tuber impact sensitivity. Postharvest Biology and Technology 29: 279-286.

Bartholdi, W. L. 1942. Influence of flowering and fruiting on vegetative growth and tuber yield in potato. Minn. Agric. Exp. Sta. Tech. Bull. 150.

Beltrán, F., M. V. Selma. J. A. Tudela, and M. I. Gil. 2005. Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging. Postharvest Biol. Technol. 37: 37-46.

Bethke, P. C. and J. S. Busse. 2010. Vine-kill treatment and harvest date have persistent effects on tuber physiology. Am. J. Potato Res. 87 (3): 299-309.

Beals, K. A. 2019. Potatoes, nutrition and health. Amer. J. Potato Res. 96: 102-110.

Bélanger, G. et al. 2002. Nitrogen fertilization and irrigation affect tuber characteristics of potato cultivars. Amer. J. Potato Res. 79: 269-279.

Bhargava, R. 1997. Changes in abscisic and gibberellic acids during the release of potato seed dormancy. Biologia Plantarum 39 (1): 41-45.

Bhojwani, S. S. and M. K. Razdan. 1983. Plant tissue culture: theory and practice. Elsevier, Amsterdam. 502 p.

Bodlaender, K. B. A. 1960. The influence of temperature on the development of potato. Jaarb. Inst. Biol-Scheik. Onderz-Landb Gew. 69-83. (c.a. Field Crop Abstr. 14: 1316).

Bodlaender, K. B. A. 1960. Influence of temperature, radiation and photoperiod on development and yield, pp. 199-210. In: F. L. Milthorpe and J. D. Ivins. (ed.). The growth of the potato. Butterworths, London.

Bodlaender, K. B. A., C. Lught, and J. Marinus. 1964. The Induction of second growth in potato tubers. Europ. Potato. J. 7: 57-71.

Bogucki, S. and D. C. Nelson. 1980. Length of dormancy and sprouting characteristics of ten potato cultivars. Amer. Potato J. 57: 151-157.

Bokx, J. A. de. 1972. Viruses of potatoes and seed potato production. Center for Agricultural Publication and Documentation, Wageningen 233 p.

Borah, M. N. and F. L. Milthorpe. 1962. Growth of the potato as influenced by temperature. Indian. J. Plant Physiol. 5: 53-72.

Bouwmeester, H. J., J. A. R. Davies, and H. Toxopeus. 1995. Enantiomeric composition of carvone, limonene, and carveols in seeds of dill and annual and biennial carawy varieties. J. Agr. Food Chem.. 43 (12): 3057-3064.

Boydson, R. A. 2010. Managing weeds in potato rotations without herbicides. Am. J. Potato. Res. 87: 420-427.

Boydston, R. A., D. A. Navarre, H. P. Collins, and B. Chaves-Cordoba. 2018. The effect of vine kill method on vine kill, tuber skinning injury, tuber yield and size distribution, and tuber nutrients and phytonutrients in two potato cultivars grown for early potato production. Amer. J. Potato Res. 95 (1): 54-70.

Brecht, J. K. 1995. Physiology of lightly processed fruit and vegetables. HortSceince 30 (1): 18-22.

Brierley, E. R., P. L. R. Bonner, and A. H. Cobb. 1996. Factors influencing the free amino acid content of potato (*Solanum tubersum* L.) tubers during prolonged storage. Journal Sci. Food and Agri. 70 (4): 515-525.

Brown, C. R. 1993. Outcrossing rate in cultivated autotetraploid potato. Amer. Potato J. 70 (10): 725-734.

Brown, C. R., C. G. Edwards, C. P. Yang, and B. B. Dean. 1993. Orange flesh trait in potato: inheritance and caroteniod content. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118: 145-150.

Bürger, K. H. 1993. Hail insurance for potatoes. Quantitative and qualitative aspects. (In German). Kar toffelbau 44 (3): 112, 117-119. (c.a. Field Crops Abstr. 47 (10): 6610; 1994).

Burr, H. K. 1966. Compounds contributing to flavor of potatoes and potato products, pp. 83-97. In: Proceeding of plant science symposium. Campbell Inst. Agric. Res., Camden, N. J.

Burton, W. G. 1948. The potato. Chapman and Hall, London. 319 p.

Burton, W. G. 1963. Concepts and mechanism of dormancy, pp. 17-41. In: F. L. Milthorpe and J. D. Ivins. (eds.).The growth of the potato. Butterworths, London.

Burton, W. G. 1978. The Physics and physiology of storage, pp. 545-606. In: P. M. Harris (ed.). The potato crop. Chapman and Hall, London.

Bushnell, J. 1925. The relation of temperature to growth and respiration in the potato plant. Minn. Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 34.

Bussan, A. J., R. P. Sabba, and M. J. Drilias. 2009. Tuber maturation and potato storability: optimizing skin set, sugars, and solids. University of Wisconsin Extension, Cooperative Extension. Pub. A3884-02. The Internet.

Caesar, K. and H. Krug. 1965. The effect of daylength in potato (*Solanum tubersum* L.) yield in low latitudes. (In German). Europ. Potato J. 8: 28-32.

Campbell Institute for Agricultural Research. 1966. Procedddings of plant science symposium. Camden, N. J. 223 p.

Cao, W. and T. W. Tibbitts. 1993. Study of various NH_4^+/NO_3^- mixtures for enhancing growth of potatoes. J. Plant Nutr. 16 (9): 1691-1704.

Cao, W. and T. W. Tibbitts. 1994. Phasic temperature change patterns affect growth and tuberization in potatoes J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119 (4): 775-778.

Carmona, V. M. V., A. B. C. Filho, H. J. de Almeida, and P. L. Gratão. 2019. Fortification and bioavailability of zinc in potato. J. Sci. Food Agr. 99 (7).

Carputo, D., M. Pentimalli, and L. Frusciante. 1996. Production and use of scedling tubers from true potato seed (TPS) for potato cultivation in italy. Potato Research 39 (1): 3-10.

Chase, R. W., N. R. Thompson, R. B. Kitchen, G. H. Silva, R. Hammerchmidt, and D. S. Douches. 1992. Michigold: a yellow-fleshed potato cultivar for fresh market. Amer. Potato J. 69 (10): 629-634.

Chaurasia, S. N. S. and K. P. Singh. 1992. Effect of nitrogen levels and haulm cutting on storage behavior of potato cv. Kufri Bahar and Kufri Lalima. Journal of the Indian potato Association 19 (3-4): 148-153.

Choi, Y. M., S. L. Lyu, and H. T. Lim. 1996. Effects of sprout suppressants and storage temperatures on processing quality of potato tubers grown in summer season (In Korean with English summay). J. Korean Soc. Hort. Sci. 37 (5): 666-670. c.a. Field Crop Abst. 50: Abst. 2554; 1997.

Claassen, P. A. M., M. A. W. Budde, and M. H. Van Calker. 1993. Increase in phosphorylase acitivty during cold-induced sugar accumulation in potato tubers. Potato Res. 36 (2): 205-217.

Coffin, R., M. K. Keenan, D. Lynch, A. McKeown, J. Wilson, G. A. Nelson, and R. Yada. 1993. Banana: a yellow-fleshed fingerling type potato for home garden production. Amer. Potato J. 70 (1): 1-5.

Coleman, W. K. and J. McInerney. 1997. Enhanced dormancy release and emergence from potato tubers after exposure to a controlled atmosphere. Amer. Potato J. 74 (3): 173-182.

Coleman, W. K., G. Lonergan, and P. Silk. 2001. Potato sprout growth suppression by menthone and neomenthol, volatile oil components of *Minthostachys*, *Satureja*, *Bystropogon*, and *Mentha* species. Amer. J. Potato Res. 78: 345-354.

Conte, E., G. Imbroglini, P. Bertolini, and I. Camoni. 1995. Presence of sprout inhibitor residues in potatoes in relation to application techniques. J. Agric. Food Chem. 43 (11): 2985-2987.

Cools, K., M. del Carmen Alamar, and L. A. Terry. Controlling sprouting in potato tubers using ultraviolet-C irradiance. Postharvest Biol. Technol. 98: 106-114.

Corsini, D. L., J. J. Pavek, and B. Dean. 1992. Differences in free and protein-bound tyrosine among potato genotypes and the relationship to internal blackspot resistance. Amer. Potato J. 69 (7): 423-435.

Cotterell, J. E., C. M. Duffus, L. Paterson, G. R. Mackay, M. J. Allison, and H. Bain. 1993. The effect of storage temperature on reducing sugar concentration and the activities of three amylolytic enzymes in tubers of the cultivated potato, *Solanum tuberosum* L. Potato Research 36 (20: 107-117.

Courduroux, J. C. 1959. Temperature and tuber-formation in the potato. (In French). Bull. Soc. Bot. Fr. 106: 322-324. (c.a. Field Crop Abstr. 14: 286).

Clough, G. H. 1994. Potato tuber yield, mineral concentration, and quality after calcium fertilization. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119 (2): 175-179.

Cushman, K. E. and T. W. Tibbitts. 1996. Size of tuber propagule influences injury of ‘Kennebec’ potato plants by constant light. Hortscience. 31 (7): 1164-1166.

Cutter, E. G. 1978. Structure and development of the potato plant, pp. 70-152. In: P. M. Harris (ed.). The potato crop. Chapman and Hall, London.

Cvikrova, M., L. S. Sukhova, J. Eder, and N. P. Korableva. 1994. Possible involvement of abscisic acid, ethylene and phenolic acids in potato tuber dormancy. Plant Physiol. Biochem. (Paris) 32 (5): 285-691.

Dale, M. F. B. and G. R. Mackay. 1994. Inheritance of table and processing quality, pp. 285-315. In: J. E. Bradshaw and G. R. Mackay (eds.). Potato Genetics. CAB International, Wallingford, UK. 552 p.

Dale, M. F. B., D. W. Griffiths, and H. Bain. 1992. Glyoalkaloids in potatoes - shedding light on an important problem. Aspects of Applied Biology No. 33: 221-227.

Dale, M. F. B., D. W. Griffiths, H. Bain, and D. Todd. 1993. Glycoalkaloid increase in *Solanum tubersoum* on exposure to light. Annals of Applied Biology 123 (2): 411-418.

Daniels-Lake, B. J., R. K. Prange, S. O. Gaul, K. B. McRae, R. de Antueno, and D. McLachlan. 2007. A musty “off” flavor in Nova Scotia potatoes is associated with 2,4,6-trichloroanisole released from pesticide-treated soil and high soil temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 132 (1): 112-119.

Daniels-Lake, B. J. and R. K. Prange. 2009. The interaction effect of carbon dioxide and ethylene in the storage atmosphere on potato fry color is dose-related. HortScience 44 : 1641-1644.

Daniels-Lake, B. J., R. K. Prange, W. Kalt, C. L. Liew, J. Walsh, P. Dean, and R. Coffin 1996. The effects of ozone and 1-8 cineole on sprouting, fry color and sugars of stored Russer Burbank potatoes. Amer. J. Potato Res. 73 (10): 469-481.

Daniels-Lake, B. J., R. K. Prange, J. Nowark, S. K. Asiedu, and J. R. Walsh. 2005. Sprout development and processing quality changes in potato tubers stored under ethylene: 1. Effects of ethylene concentration. Amer. J. Potato Res. 82 (5): 389-397.

Daniels-Lake, B. J., R. K. Prange, S. D. Bishop, and K. Hiltz 2008. 1-Methylcyelopropene counteracts fry color darkening attributable to carbon dioxide and ethylene interaction. HortScience 43 (7): 2112-2114.

Daniels-Lake, B. J., K. Pruski, and R. K. Prange. 2011. Using ethylene gas and chlorpropham potato sprout inhibitors together. Potato Res. 54: 223-236.

Davis, D. C. 1980. Moisture control and storage systems for vegetable crops, pp. 310-359. In: C. W. Hall (ed.). Drying and storage of agricultural crops. The Avi. Pub. Co., Inc. Westport. Connecticut.

DeBoer, S. H. and L. J. Ward. 1995. PCR detection of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* associated with potato tissue. Phytopathology 85: 854-858.

De Costa Mello, S. et al. 2018. Potato response to polyphalite as a potassium source fertilizer in Brazil: yield and quality. HortScience 53 (3): 373-379.

Désiré, S., J. P. Couillerot, and J. Vasseur. 1995a. Sprouting in the greenhouse of potato (*Solanum tuberosum* L.) microtubers produced

in vitro: effect of microtuber diameter and age and planting density on yield. (In French with English summary). Acta Botanica Gallica 142 (4): 379-387.

Désiré, S., J. P. Couillerot, and J. Vasseur. 1995b. Dornancy and sprouting of potato (*Solanum tubersoum* L.) microtubers produced *in vitro*: effects of sucrose concentration of the tuberization medium, duration of storage at 4 °C and treatment with gibberellic acid. (In French with English summary). Acta Botanica Gallica 142 (4): 371-378.

Devlin, R. M. 1975. Plant physiology. D. Van Nostrand Co., N. Y. 600 p.

De Weerd, J. W., L. K. Hiller, and R. E. Thornton. 1995. Electrolyte leakage of aging potato tubers and its relationship with sprouting capacity. Potato Res. 38 (3): 257-270.

De Weerd, J. W., M. K. Thornton, and B. Shafii. 2010. Sprout suppressing residue levels of 1,4 dimethylnaphthalene (1,4 DMN) in potato tubers. Am. J. Potato. Res. 87: 434-445.

Dong, T., W. Meng. J. Shi, C. Z. Jiang, and Q. Wang. 2017. Ethanol fumigation combined with and without nitrogen gas delays greening and inhibits glycoalkaloids generation under light. Postharvest Biol. Technol.134: 31-37.

Dupuis, J. H. and Q. Liu. 2019. Potato starch: a review of physiochemical, functional and nutritional properties. Amer. J. Potato Res. 96: 127-138.

Edwards, E. J., R. E. Saint, and A. H. Cobb. 1998. Is there a link between greening and light-enhanced glycoalkaloid accumulation in potato (*Solanum tubersum* L.) tubers? J. Sci. Food Agr. 76 (3) 327-333.

Ehlenfeldt, M. K. 1992. Evaluation of differential tuber tissue expansion and plant transpiration as methods for early hollow heart screening. Amer. Potato J. 69 (9): 537-546.

Eissa, M. A. 2019. Efficiency of P fertigation for drip-irrigated potato grown on calcareous sandy soils. Potato Res. 62 (1): 97-108.

El-Amin, S. M., B. Adam, E. Varis, and E. Pehu. 1996. Production of seedling tubers derived from true potato seed and their use as seed tubers in the Sudan. Experimental Agriculture 32 (4): 419-426.

El-Amin, S. and E. Pehu. 1988. The effect of detuberization on flowering and berry and seed production of potato (*Solanum tuberosum*) in Khartoum area, pp. 95-101. In: Seminaire Regional Sur Les Cultures Maraicheres. Institut National de la Researche Agronomique de Tunisie, Tunisia.

El-Asdoudi, A. H. and M. F. Ouf. 1994. Effect of gibberellin on sprouting of potato. Ann. Agric. Sci. (Cairo) 39 (2): 681-687.

El-Hammady, M., R. El-Bedewy, F. A. El-Abbas, E. A. Sadik, and A. Yousef. 1995. Simple method for producing virus-free potato seeds through true seeds under field conditions. (In Arabic with English Summary). Arab Universities Journal of Agricultural Sciences 3 (1): 127-138.

Ellis, G. D., L. O. Knowles, and N. R. Knowles. 2019. Respiratory and low-temperature sweetening responses of fresh-cut potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers to low oxygen. Postharvest Biol. Technol. 156.

El-Nashar, A. T., M. M. A. Abdalla, and M. N. Kandeel. 1995. Effect of seed tuber size of some potato cultivars on productivity of autumn plantation. Assuit. J. Agric. Sci. 26 (2): 1-11.

El-Sayed, S. F., H. A. Hassan, and M. M. El-Mogy. 2015. Impact of bio- and organic fertilizers on potato yield quality and tuber weight loss after harvest. Potato Res. 58 (1): 67-81.

Engels, C., R. El-Bedewy, and B. Sattelmacher. 1993. Effects of weight and planting density of tubers derived from true potato seed on growth and yield of potato tubers in Egypt. 1. Sprout growth, field emergence and haulm development. Field Crops Research 35 (3): 157-170.

Engels, C., R. El-Bedewy, and B. Sattelmacher. 1993. Effects of weight and planting density of tubers derived from true potato seed on growth and yield of potato crops in Egypt. 2. Tuber yield and tuber size. Field Crops Research 35 (3): 171-182.

Engels, C., R. El-Bedewy, and B. Sattelmacher. 1993. Seed tuber production from true potato seed (TPS) in Egypt and the influence of environmental conditions in different growing periods. Potato Research 36 (3): 195-203.

Engels, C., R. J. Schwenkle, B. Sattelmacher, and R. El-Bedewy. 1994. Potato production from true potato seed (TPS) in Egypt: effect of the growing season on seedling development, recovery from transplanting and yield. Potato Research 37 (3): 233-243.

Engels, C., J. Schwenkel, R. El-Bedewy, and B. Satelmacher. 1995. Effect of the development stage of potato seedlings on recovery after transplanting to the field and on tuber yield. Journal of Agricultural Science 124 (2): 213-218.

Errebhi, M., C. J. Rosen, and D. E. Birong. 1998. Calibration of a petiole sap nitrate test for irrigated 'Russet Burbank' potato. Communications in Soil Science and Plant Analysis 29 (1/2): 23-35.

Ewing, E. E. 1997. Potato, pp. 295-344. In: H. C. Wien (ed.). The physiology of vegetable crops. CAB International, Wallingford, UK.

Ewing, E. E., O. E. Schultz, and A. A. Murka. 1967. Potato production recommendations for New York State. Cornell University, Ithaca, N. Y.

Ezekiel, R. and S. C. Bhargava. 1991. Potato leaf growth as influenced by photoperiod. Plant Physiology and Biochemistry (New Delhi) 18 (2): 91-95.

Faried, H. N. et al. 2017. Salicylic acid confers salt tolerance in potato plants by improving water relations, gaseous exchange, antioxidant activities and osmorgulation. J. Sci. Food Agr. 97 (6): 1868-1875.

Fernandes, A. M., R. P. Soratto, and C. Pilon. 2015. Soil phosphorus increases dry matter and nutrient accumulation and allocation in potato cultivars. Amer. J. Potato Res. 92 (1): 117-127.

Fixen, P. E. and T. W. Bruulsema. 2014. Potato management challenges created by phosphorus chemistry and plant roots. Amer. J. Potato Res. 91 (2): 121-131.

Folde, N. E. 1987. Genetic resources of potato varieties: technological advances. Cambridge. Univ. Pr., Cambridge.

Folde, N. E. 1987. Genetic resources: their preservation and utilization, pp. 10-27. In: G. J. Jellis and D. E. Richardson. (eds.). The production of new potato varieties: technological advances. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Fontes, P. C. R., R. A. Reis, Jr., and P. R. G. Pereira. 1996. Critical potatssium concentration and potassium/calcium plus magnesium ratio in potato petioles associated with maximum tuber yields. J. Plant Nutr. 19 (3/4): 657-667.

Fossen, T. and O. M. Andersen. 2000. Anthocyanins from tubers and shoots of the purple potato, *Solanum tubersum*. J. Hort. Sci. Biotechnol. 75 (3): 360-363.

Foukaraki, S. G., K. Cools, G. A. Chope, and L. A. Terry. 2014. Effect of the transition between ethylene and air storage on post-harvest quality in six UK-grown cultivars. J. Hort. Sci. Biotechnol. 89 (6): 599-606.

Foukaraki, S. G., K. Cools, and L. A. Terry. 2016. Differential effect of ethylene supplementation and inhibition on abscisic acid metabolism of potato (*Solanum tubersum* L.) tubers during storage. Postharvest Biol. Technol. 112: 87-94.

Foukaraki, S. G., K. Cools, G. A. Chope, and L. A. Terry. 2016. Impact of ethylene and 1-MCP on sprouting and sugar accumulation in stored potatoes. Posthavest Biol. Technol. 114: 95-103.

Fazier, M. J., N. Olsen, and G. Kleinkopf. 2004. Organic and alternative methods for potato sprout control in stoage. University of Idaho Extension. CIS 1120. The Internet.

Freeman, K. L., P.R. Franz, and R.W. de Jong. 1998. Effect of phosphorus on the yield, quality and petiolar phosphorus concentrations of potatoes (cvs. Russet Burbank and Kennebec) grown in the Krasnozem and Duplex soils of Victoria. Australian J. Exp. Agric. 38 (1): 83-93.

Fuchus-Eckert, H. P. 1993. The rediscovery of the Americas by Christopher Columbus and the introduction of the potato in Europe. (In German with English Summary). Feeders Repertorium 104 (7/8): 519-536 (c.a. Plant Breed. Abstr. 65 (7): 7536; 1995).

Fulladolsa, A. C., K. E. LaPlant, R. L. Groves, and A. O. Charkowski. 2018. Potato plants grown from minitubers are delayed in maturity and lower in yield, but are not at a higher risk of potato virus Y infection than plants grown from conventional seed. Amer. J. Potato Res. 95 (1): 45-53.

Furudate, A., K. Senda, and T. Megure. 1998. Ranges of protein, phosphorus and vitamin C contents in potato cultivars (In Japanese). Bulletin of Hokkaido Prefectural Agricultural Experiment Stations No. 75: 15-19. c. a. Plant Breed Abstr. 69: Abstr. 4278; 1999.

Galani, J. H. Y. et al. 2017. Effect of storage temperature on vitamin C, total phenolics, UPLC phenolic acid profile and antioxidant capacity of eleven potato (*Solanum tuberosum*) varieties. Hort. Plant J. 3 (2): 73-89.

Gancarz, M. 2016. Correlation between cell size and blackspot of potato tuber parenchyma tissue after storage. Postharvest Biol. Technol. 117: 161-167.

Gawronska, H., M. K. Thornton, and R. B. Dwelle. 1992. Influence of heat stress on dry matter production and photoassimilate partioning by four potato clones. Amer Potato J. 69: 653-665.

Georgakis, D. N. et al. 1997. Effect of planting density and size of potato seed-minitubers on the size of the produced seed tubers. Acta Hort. No. 462: 935-942.

George, R. A. 1985. Vegetable sed production. Longman, London. 318 p.

George, R. A. T. (ed.). 1986. Technical guideline on seed production. Longman, London. 318 p.

Gichohi, E. G. and M. K. Pritchard. 1995. Storage temperature and maleic hydrazide effects on sprouting, sugars, and fry color of Shepody potatoes. Amer. Potato. J. 72 (12): 737-747.

Golmirzaie, A. and F. Serquen. 1992. Correlation between early and late growth characters in an improved true poato seed population. HortScience 24 (4): 350-352.

Gomez-Castillo, D., E. Cruz, A. Iguaz, C. Arroqui, and P. Virsedo. 2013. Effects of essential oils on sprout suppression and quality of potato cultivars. Postharvest Biol. Technol. 82: 15-21.

Gong, H., C. Igiraneza, and L. Dusengemungu. 2019. Major in vitro techniques for potato virus elimination and post eradication detection methods. A review. Amer. J. Potato Res. 96: 379-389.

Gonnella, M. et al. 2009. Yield and quality of early potato cultivars in relation to the use of glufosinate-ammonium as desiccant. J. Sci. Food Agr. 89 (5): 855-860.

Gopal, J. 1994. flowering behavior, male sterility and berry setting in tetraploid *Solanum tuberosum* germplasm. Euphytica 72: 133-142.

Gouseti, O. et al. 2015. CIPC vapor for efficient sprout control at low application levels. Postharvest Biol. Technol. 110: 239-246.

Goyer. A. and D. A. Navarre. 2009. Folate is higher in developmentally younger potao tubers. J. Sci. Food Agr. 89 (4): 579-583.

Goyer, A., M. Picard, H. A. Hellmann, and S. Mooney. 2019. Effect of low temperature storage on the content of folate, vitamin B_6, ascorbic acid, chlorogenic acid, tyrosine, and phenylalanine in potatoes. J. Sci. Food Agr. 99 (10).

Gray, D. and J. C. Hughes. 1978. Tuber quality, pp. 504-544. In: P.M. Harris. (ed.). The Potato Crop. Chapman and Hall, London.

Griffiths, D. W., H. Bain, and M. F. B. Dale. 1995. Photoinduced changes in the total chlorogenic acid content of potato (*Solanum tuberosum*) tubers. Journal of the Science of Food and Agriculture 68 (1): 105-110.

Grudzińska, M. and P. Barbaś. 2017. Natural losses in tuber weight during storage as a predictor of susceptibility to post-wounding black spot in advanced potato breeding materials. J. Sci. Food Agr. 97 (11): 3841-3846.

Grudzinska, M. and D. Mańkowski. 2019. Reconditioning and weather conditions affect black sopt damage during storage of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. J. Sci. Food Agr. 99 (11).

Gunadi, N., M. J. Potts, R. Sinung-Basuki, and G. A. Watson. 1992. On-farm development of potato production from true seed in Indonesia. Experimemtal Agriculture 28 (1): 31-39.

Hadi, M. R., R. Taheri, and G. R. Balali. 2015. Effects of iron and zinc fertilizers on the accumulation of Fe and Zn ions in potato tubers. J. Plant Nutr. 38 (2): 202-211.

Hammes, P. S. and J. A. de Jager. 1990. Net photosynthetic rate of potato at high temperature. Potato Res. 33: 515-520.

Hardenburg, E.V. 1949. Potato production. Comstock Pub. Co., Inc., Ithaca, N.Y.

Harju, P. and J. Kankila. 1993. *Erwinia carotovora* contamination of Finnish seed potatoes and the prevalence of bacterial subspecies and serogroups. Agricultural Science in Finland 2 (4): 345-352. (c.a. Rev. Plant Pathol. 73 (8): 5094; 1994).

Harris, P.M. 1978. Mineral nutrition, pp. 195-243. In: P.M. Harris (ed.). The Potato Crop. Chapman and Hall, London.

Harris, P.M. 1978. Water, pp. 244-277. In: P.M. Harris (ed.). Chapman and Hall, London.

Harrison, M.D. and G.D. Franc. 1988. Post-harvest chemical treatments for control of tuber infection by *Alternaria solani*. Amer. J. Potatos Res. 65 (5): 247-253.

Hartmans, K.J., P. Diepenhorst, and K. Oosterhaven. 1993. The outlook for carvone as a ‘natural’ sprouting inhibitor. (In Dutch). Kartoffelbau 44 (12): 493-496. (c.a. Field Crop Abstr. 48 (11): 8322; 1995).

Harvey, W.J., L.J. Cornwallis, and R.C. Butler. 1999. Do specific gravity measurements really predict the dry matter content. Getting it right for process. Commercial Grower 54 (2): 20, 22.

Hasse, N.U. 2010. Glycoalkaloid concentration in potato tubers related to storage and consumer offering. Potato Res. 53: 297-307.

Haverkort, A.J. and J. Marinus. 1995. Effect of gibberellic acid and multiple harvests on production and reproductive value of seed potatoes produced above ground on stem cuttings. Potato Research. 38 (2): 125-131.

Hawkes, J. G. 1990. The Potato: evolution, biodiversity and genetic resource. Belhaven Pr., London. 259 p.

Hawkes, J. G. 1978. History of potato, pp. 1-14. In: P. M. Harris (ed.). The potato crop. Chapman and Hall, London.

Hawkes, J. G. and J. Francisco-Ortega. 1993. The early history of the potato in Europe. Euphytica 70: 1-7.

Hegney, M.A. and I. R. McPharlin. 1999. Broadcasting phosphate fertilizers produces higher yield of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) than hand-placement on coastal sands. Australian J. Exp. Agric. 39 (4): 495-503.

Hemberg, T. 1985. Potato rest, pp. 353-388. In: P.H. Li (ed.). Potato physiology. Academic Pr., N. Y.

Herman, D.J., L.O. Knowles, and N.R. Knowles. 2016 Low oxygen storage modulates invertase activity to attenuate cold-induced sweetening and loss of process quality in potato (*Solanum tuberosum* L.). Postharvest Bio. Technol. 121: 106-117.

Hermsen, J. G. Th. 1987. Efficient utilization of wild and primitive species in potato breeding, pp. 172-185. In: G.J. Jellis and D.E. Richardson (eds.). The production of new potato varieties: technological advances. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Hiddema, J. 1972. Inspection and quality grading of seed potatoes, pp. 206-215. In: J.A. de Bokx (ed.). Viruses of potato and seed-potato production. Centre Agric. Pub. Doc., Wageningen.

Hide, G.A., S.J. Welham, P.J. Read, and A.I. Ainsley. 1997. Effects of planting mixtures of different sizes of potato seed tubers on the yield and size of tubers. J. Agric. Sci. 128 (2): 173-180.

Hiller, L.K., D. C. Koller, and R. E. Thornton. 1985. Physiological disorders of potato tubers, pp. 389-455. In: P.H. Li (ed.). Potato physiology. Academic Pr., N. Y.

Hlywka, J.J., G. R. Stephenson, M. K. Sears, and R. Y. Yada. 1994. Effects of insect damage on glycoalkaloid content in potatoes (*Solanum tuberosum*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 42 (11): 2545-2550.

Hochmuth, G. J. 1992. Fertilizer management for drip-irrigated vegetables in Florida. HortTechnology 2: 27-32.

Hochmuth, G. J. 1992. Concepts and practices for improving nitrogen management for vegetables. HortTechnology 2: 121-125.

Hochmuth, G. J. 1994. Efficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick tests. HortTechnology 4 (3): 218-222.

Hopkins, B. G., J. C. Stark, D.T. Westerman, and J. W. Ellsworth. 2010. Nutrient management. The Internet.

Hopkins, B. G. et al. 2010. Pre-plant versus in-season application of phosphorus fertilizer for Russet Burbank potato grown in calcareous soil. J. Plant Nutr. 33 (7): 1026-1039.

Hopkins, B. G., D.A. Horneck, and A. E. MacGuidwin. 2014. Improving phosphours use effeiciency through potato rhizosphere modification and extension. Amer. J. Potato Res. 91 (2): 161-174.

Horneburg, B. and F. Wirsing. 1995a. The tendency of potato to black sopt. 1. Influence of the cultivar on the expression of black spot. (In German). Kartoffelbau 46 (7): 288-291. (c.a. Field Crop Abstr. 49 (6): 4144; 1996).

Horneburg, B. and F. Wirising. 1995b. The tendency of potato tubers to black spot. 2. Influence of fertilizer application and irrigation on the expression of black spot. (In German). Kartoffelbau 46 (8): 318-320. (c.a. Field Crop Abstr. 49 (6): 4145; 1996.

Horton, D. and R. L. Sawyer. 1985. The potato as a world food crop, with special reference to developing areas, pp. 1-34. In: P. H. Li (ed.). Potato physiology. Academic Pr., N. Y.

Houghland, G. V. C. 1964. Nutrient deficiencies in Potato, pp. 219-244. In: H. B. Sprague (ed.). Hunger signs in crops. David McKay Co., N.Y.

Hourmant, A., A. Feray, S. Suleiman, and M. Penot. 1995. Role of polyamines in tuberization of potatoes (*Solanum tuberosum* cv. Bintje). (In French with English summary). Acta Botanica Gallica 142 (4): 333-339. (e.a. Field Crop Abstr. 49 (8): 5785; 1996.

Howard, H. W. 1978. The production of new varieties, pp. 607-646. In: P. M. Harris (ed.). The potato crop. Chapman and Hall, London.

Hu, X., F. M. Lai, A.S.N. Reddy, and C.A. Ishimaru. 1995. Quantitative detection of *Clavibacter michiganesis* subsp. *sepdonicus* by competitive polymerase chain reaction. Phytopathology 85: 1468-1473.

Hutsch, B.W., K. Keipp, A.K. Glaser, and S. Schubert. 2017. Potato plants (*Solanum tuberosum* L.) are chloride-sensitive: is this dogma valid? J. Sci. Food Agr. 98 (8).

Hutchinson, P.J.S. and C.V. Eberlein. 2017. Weed management. 8 pp. The Internet.

Hyde, R.B. and J. W. Morrison. 1964. The effect of storage temperature on reducing sugars, pH and phosphorylase enzyme activity in potato tubers. Amer. J. Potato Res. 41 (6): 163-168.

Ierna, A. and B. Parisi. 2014. Crop growth and tuber yield of "early" potato crop under organic and conventional farming. Sci. Hort. 165: 260-265.

Illeperuma, C., D. Schlimme, and T. Solomos. 1998. Changes in sugars and activities of sucrose phosphate synthase, sucrose synthase, and invertase during potato tuber (Russet Burbank) reconditioning at 10 ˚C in air and 2.53 kPa oxygen after storage for 28 days at 1 ˚C. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123 (2): 311-316.

International Potato Center (CIP). 1981. Combining advantages of two potato growing methods. CIP Circular 9 (11). 5 p.

Iritani, W.M., R. Thornton, L. Weller, and G. O'Leary. 1972. Relationships of seed size, spacing, and stem numbers to hybrid of Russet Burbank potatoes. Amer. Potato J. 49: 463-469.

Ittersum, M.K. van. 1992a Variation in the duration of tuber dormancy within a seed potato lot. Potato Research 35 (3): 261-269.

Ittersum, M.K. van. 1992b. Relation between growth conditions and dormancy of seed potatoes. Effects of light. Potato Research 35 (4): 377-387.

Ittersum, M. K. van. 1993. Advancing growth vigour of seed potatoes by storage temperature regimes. Netherlands J. Agric. Sci. 41 (1): 23-36.

Ittersum, M. K. van and K. Scholte. 1992a. Shortening dormancy of seed potatoes by storage temperature regimes. Potato Research 35 (4): 389-401.

Ittersum, M. K. van and K. Scholte. 1992b. Relation between growth conditions and dormancy of seed potato. 2. Effects of temperature. Potato Research 35 (4): 365-375.

Ittersum, M.K. van and P. C. Struik. 1992. Relation between stolon and tuber characteristics and the duration of tuber dormancy in potato. Netherlands. J. Agric. Sci. 40 (2). 159-172.

Ittersum, M. K. van, F. C. B. Aben, and J. C. Keijzer. 1992. Morphological changes in tuber buds during dormancy and initial sprout growth of seed potatoes. Potato Res. 35 (3): 249-260.

Ittersum, M. K. van, and K. Scholte. 1993. Shortening dormancy of seed potatoes by a haulm application of gibberellic acid and storage temperature regimes. Amer. Potato. J. 70 (1): 7-19.

Ittersum, M. K. van, K. Scholte, and S. Warshavsky. 1993. Advancing growth vigor of seed potatoes by a halum application of gibberellic acid storage temperature regimes. Amer. Potato J. 70 (1): 21-34.

Iwama, K., T. Hukushima, T. Toshimura, and K. Nakaeseko. 1993. Influence of planting density on root growth and yield in potato. Jap. J. Crop Sci. 62 (4): 628-635.

Jaworski, C. A., S. C. Phatak, S.R. Ghate, and R.D. Gitatis. 1988. Cultural practices in use of true seeds of potato and screening of tuber-forming *Solanum* species under hot climatic conditions. HortScience 23: 500-504.

Jayanty, S. S., K. Diganta, and B. Raven. 2019. Effects of cooking methods on nutritional content in potato tubers. Amer. J. Potato Res. 96: 183-194.

Jackson, L. P. 1962. Effects of soil water and temperature on the growth of potato sets. Amer. Potato J. 39: 452-455.

Jackson, S. D., A. Heyer, J. Dietze, and S. Prat. 1996. Phytochrome B mediates the photoperiodic control of tuber formation in potato. Plant Journal 9 (2): 159-166.

Jenkins, P. D. and H. Ali. 1999. Growth of potato cultivars in response to application of phosphate fertilizer. Ann. Appl. Biol. 135 (1): 431-438.

Jenkins, P. D., T. C. Gillison, and A. S. Al-Saidi. 1993. Temperature accumulation and physiological ageing of seed potato tubers. Ann. Appl. Biol. 122 (2): 345-356.

Janave, M. T. and P. Thomas. 1979. Influence of post-harvest storage temperature and gamma irradiation on potato carotenoids. Potato Res. 22 (4): 365-369.

Jefferies, R. A. 1993. Responses of potato genotypes to drought. I. Expansion of individual leaves and osmotic adjustment. Ann. Appl. Biol. 112 (1): 93-104.

Jefferies, R. A. and D. K. L. Mackerron. 1993. Responses of potato genotypes to drought. II. Leaf area index, growth and yield. Ann. Appl. Biol. 122 (1): 105-112.

Jeong, J. C., K. W. Park, and Y.J. Yang. 1996. Effect of storage temperature and reconditioning on the processing quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. J. Korean Soc. Hort. Sci. 37 (3): 362-368.

Jorrn, B. C. and M. L. Vitosh. 1995a. Influence of applied nitrogen on potato. Part 1: Yield, quality, and nitrogen uptake. Amer. Potato J. 72 (1): 51-63.

Joern, B. C. and M. L. Vitosh. 1995b. Influence of applied nitrogen on potato. Part II: Recovery and partitioning of applied nitrogen. Amer. Potato J. 72 (2): 73-84.

Johnson, S. B. 2006. Selecting, cutting and handling potato seed. University of Maine Cooperative Extension. Bul. No. 2412.

Kalt, W., R. K. Prage, B. J. Daniels-Lake, J. Walsh, P. Dean, and R. Coffin. 1999. Alternative compounds for the maintenance of processing quality of stored potatoes (*Solanum tuberosum*). Food Proc. Preservation 23 (1): 71-81.

Kamla Singh, 1994. Standardizing optimum spacing for transplanting true potato seedlings (TPS) in north east hill region. Journal of the Indian Potato Association 21 (1-2): 154-156.

Kandeel, N. M., S. A. Ahmed, and S. A. Abdel-Aal. 1991. Studies on potato haulm killing. I. Yield and tuber quality. Assiut J. Agric. Sci. 22 (5): 159-169.

Karanisa, T., A. A. Alexopoulos, G. Tsaniklidis, I. C. Karapanos, K. A. Akoumianakis. 2016. Carbon disulphide (CS_2) promotes sprouting and affects the metabolism of harvested minitubers grown from true potato seed. Potato Res. 59 (4): 345-356.

Karlosson, B. H., J. P. Palta, and P. M. Crump. 2006. Enhancing tuber calcium concentration may reduce incidence of blacksopt bruise injury in potatoes. HortScience 41 (5): 1213-1221.

Kasmire, R. F. 1983. Influence of mechanical harvesting on quality of nonfruit vegetables. HortScience 18: 421-423.

Kasmak, C. and N. Artik. 2018. Change in some glycoalkaloids of potato under different storage regimes. Potato Res. 61 (2): 183-193.

Khanbari, O. S. and A. K. Thompson. 1996. Effect of controlled atmosphere, temperature and cultivar on sprouting and processing quality of stored potatoes. Potato Research 39 (4): 523-531.

Khurana, S. C., M. L. Pandita, and V. K. Srivastava. 1991. Effect of seed size and rate on potato yield. Journal of the Indian Potato Association 18 (3-4): 167-168.

King, B. A. and J. C. Stark. 2012. Potato irrigation. Univ. Idaho Coop. Ext. System, College of Agr. Bul. 789. The Internet.

Kingsbury, J. M. 1963. Common poisonous plants. N. Y. State College of Agriculture, Cornell Ext. Bul. No. 538. 32 p.

Kim, J. K. and B. D. Dean. 1998. Change in blackspot bruise susceptibility of potato tubers in relation to their proteinase activity,

soluble protein, and tyrosine content during cold storage. J. Korean Soc. Hort. Sci. 39 (5): 522-527.

Kim, S. Y., J. C. Jeong, J. K. Kim, and M. S. Lim. 1996. Effect of chemical treatments on dormancy breaking of *in vitro* microtubers of *Solanum tuberosum* L. cv. Dejima (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 37 (1): 19-23. c.a. Field Crop Abst. 50: Abst. 1231; 1997.

Kocacaliskan, I. 1990. Effectiveness of electrical currents in breaking potato tuber dormancy compared with other methods. J. Hort. Sci. 65: 683-687.

Kriel, C. J., S. H. Jansky, N. C. Gudmestad, and D. H. Roins. 1995a. Immunity to *Clavibacter michiganesis* subsp. *sepdonicus*: Inheritance of immunity in *Solanum acaule*. Euphytica 82: 133-139.

Kriel, C. J., S. H. Jansky, N. C. Gudmestad, and D. H. Roins. 1995b. Immunity to *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepdonicus*. Screening of exotic *Solanum* species. Euphytica 82: 125-132.

Kirk, W. W. and B. Marshall. 1992. The influence of temperature on Leaf development and growth in potato in controlled environments. Ann. Appl. Biol. 120 (3): 511-525.

Kleinkopf, G. E., N. A. Oberg, and N. L. Olsen. 2003. Sprout inhibition in storage: current status, new chemistries and natural compounds. Amer. J. Potato Res. 80 (5): 317-327.

Kleinkopf, G., M. J. Frazier, and T. Brandt. 2007. Spearmint and peppermint as alternative sprout inhibitors. University of Idaho. Potato Storage Research. The Internet.

Koch, M., M. Naumann, and E. Pawelzik. 2018. Cracking fracture

properties of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers and their relation to dry matter, starch, and mineral distribution. J. Sci. Food Agr. 99 (6).

Kolbe, H., K. Muller, G. Olteanu, and T. Gorea. 1995. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer treatments on weight loss and changes in chemical composition of potato tubers stored at 4 C̊. Potato Research 38 (1): 97-107.

Kolsch, E., H. Stoppler, H. Vogtmann, and W. Batz. 1991. Potatoes in ecological farming. 2. Storage suitability, tuber contents, and sensory quality. (In German). Kartoffelbau 42 (2): 68-75. (c.a. Field Crop Abstr. 46: 3687; 1993).

Kozukue, N. and E. Kozukue. 1987. Glycoalkaloids in potato plants and tubers. HortScience 22: 294-296.

Kratzke, M. G. and J. P. Palta. 1992. Variations in stolon length and in incidence of tuber roots among eight potato cultivars. Amer. Potato J. 69 (9): 561-570.

Krishnappa, K. S. 1991. Effect of seed size and spacing on the yield of potato. Mysore J. Agric. Sci. 25 (2): 229-230.

Krug, H. 1963. Effect of temperature and daylength on the development of the potato plants as a basis of yield formation. (In German). Gartenbauwissenschaft 28 (10): 515-564. (c. a. Field Crop Abstr. 18: 1412).

Kubota, A., T. L. Thompson, T. A. Doerge, and R. E. Godin. 1996. A petiole sap nitrate test for cauliflower. HortScience 31 (6): 934-937.

Kulen, O., C. Stushnoff, R. D. Davidson, and D. G. Holm. 2011. Gibberellic acid and ethephon alter potato minituber dormancy and

improve seed tuber yield. Amer. J. Potato Res. 88 (2): 167-174.

Kumar, G. N. M. and N. R. Knowles. 1993. Age of potato seed-tubers influences protein synthesis during sprouting. Physiologia Plantarum 89 (2): 262-270.

Kunkel, R. 1966. Cultural practices and their effects on potatoes for processing, pp. 177-195. In: Proceedinges of plant science symposium, Campbell Inst. Agric. Res. Camden, N. J.

Lang, N. S. et al. 1999. Nutrient management guide: central Washington irrigated potatoes. Washington State University, Cooperative Extension. EB 1882. The Internet.

Leap, J., D. Wong, O. Martin, and K., Yogg-Comerchero. 2017. Organic potato production on the California central coast: a guide for beginning speciality crop growers. Center for Agroecology & Sustainable Food Systems, Univ. Calif., Santa Cruz. 12 pp.

Leclerc, Y., D. J. Donnelly, W. K. Coleman, and R. R. King. 1995. Microtuber dormancy in three potato cultivars. Amer. Potato J. 72 (4): 215-223.

Levy, D. 1992. The response of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) to salinity: plant growth and tuber yield in the arid desert of Israel. Ann. Appl. Bio. 120 (3): 547-555.

Levy, D., E. Fogelman, and Y. Itzhak. 1988. The effect of water salinity on potatoes (*Solanum tuberosum* L.): Physiological indices and yielding capacity. Potato Res. 31 (4): 601-610.

Lewis, N. D., G. E. Kleinkopf, and K. K. Shetty. 1997. Dimethylnaphthalene and diisopropylnapthalene for potato sprout

control in storage: 1. Application methodology and efficacy. Amer. Potato J. 74 (3): 183-197.

Li, P. H. and A. Fennell. 1985. Potato frost hardiness, pp. 457-479. In: P. H. Li (ed.). Potato physiology. Academic Pr., N. Y.

Lipe, W. N., K. Hodnett, M. Gerst, and C. W. Wendt. 1982. Effects of antitranspirants on water use and yield of greenhouse and field grown onion. HortSceince 17: 242-244.

Loboski, C. A. M. and K. A. Kelling. 2007. Influence of fertilizer management and soil fertility on tuber specific gravity: a review. Amer. J. Potato Res. 84 (4): 283-290.

Lommen, W. J. M. 1994. Effect of weight of potato minitubers on sprout growth, emergence and plant characteristics at emergence. Potato Res. 37 (3): 315-322.

Lommen, W. J. M. and P. C. Struik. 1994. Field performance of potato minitubers with different fresh weights and conventional seed tubers: crop establishment and yield formation. Potato Res. 37 (3): 301-313.

Love, S. L., B. K. Werner, H. I. Groza, and A. Thompson-Johns. 1977. Performance of commercially available true potato seed yield grown from tubers. HortScience 32 (4): 728-732.

López-Delgado, H. A. et al. 2018. Induction of freezing tolerance by the application of hydrogen peroxide and salicylic acid as tubers-dip or canopy spraying in *Solanum tuberosum* L. plants. Potato Res. 61 (3): 195-206.

Lougheed, E. C. 1987. Interactions of oxygen, carbon dioxide, temperature, and ethylene that may induce injuries in vegetables. HortScience 22: 791-794.

Love, S. L., T. J. Herrman, A. Thompson-Johns, and T. P. Baker. 1994. Effect and interaction of crop management factors on the glycoalkaloid concentration of potato tubers. Potato Res. 37 (1): 77-85.

Lozoya-Saldana, H., F. Abello Jorda, and G. Garcia de la R. 1996. Electrotherapy and shoot tip culture eliminate potato virus X in potatoes. Amer. Potato J. 73 (4): 149-154.

Lught, C. K., B. A. Bodlaender, and G. Goodijk. 1964. Observation on the induction of second growth in potato tubers. Europ. Potato J. 7: 219-227.

Lutz, J. M. and R. E. Hardenburg. 1968. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. U. S. Dept. Agric. Agric. Handbook No. 66. 94 p.

Lynch, D. R., N. Foroud, G. C. Kozub, and B. C. Farries. 1995. The Effects of moisture stress at three growth stages on the yield, components of yield and processing quality of eight potato varieties. Amer. Potato J. 72 (6): 375-385.

Ma, Q. F. and F. Murray. 1991. Responses of potato plants to sulphur dioxide, water stress and their combination. New Phytologist 118 (1): 101-109.

Mackerron, D. K. L., M. W. Young, and H. V. Davies. 1995. A critical assessment of the value of petiole sap analysis in optimizing the nitrogen nutrition of the potato crop. Plant and Soil 172 (2): 247-260.

MacLean, A. A., D. C. Frost, H. T. Davis, and D. A. Young. 1966. Fertilizer treatment and quality of potatoes for processing, pp. 157-175. In: Proceedings of plant science symposium. Campbell Inst. Agric. Res., Camden, N. J.

Maier, N. A., A. P. Dahlenburg, and C. M. J. Williams. 1994. Effect of nitrogen, phosphorus, and potassium on yield and petiolar nutrient concentration of potato (*Solanum tuberosum* L.) cvs. Kennebec and Atlantic. Australian J. Exp. Agric. 34 (6): 825-834.

Makepeace, R. J. and J. Holroyd. 1978. Weed control, pp. 376-406. In: P. M. Harris (ed.). The potato crop. Chapman and Hall, London.

Malagamba, P. 1988. Potato production from true seed in tropical climates. HortScienece 23: 495-500.

Marinus, J. 1992. The effect of temperature and light during storage of young seed potatoes on initial plant development at early plantings. Potato Res. 35 (4): 343-354.

Mariuns, J. 1993. Production of above-ground seed tubers on stem cuttings from eight potato cultivars. Potato Res. 36 (1): 55-61.

Markarov, A. M., T. K. Golovko, and G. N. Tabalenkova. 1993. Photoperiodic responses in morphological and functional characteristics of three potato species. Soviet Plant Physiol. 40 (1): 32-36. (c. a. Field Crop. Abstr. 47 (2): 1113; 1994.

Martin, M. W. 1983. Techniques for successful field seeding of true potato seed. Amer. Potato J. 60: 245.

Martin, M. W. 1988. Cultural practices for using true seed in potato production under temperate climates. HortSciencs 23: 505-510.

Martin, M. 1992. Spacing between ridges: 75 or 90 cm? (In French). Pomme de Terre Francaise 53 (469): 65-69. (c. a. Field Crop. Abstr. 47 (6): 2732; 1994).

Martin, H. W., D. A. Gratez, S. J. Locasico, and D. R. Hensel. 1993. Nitrification inhibitor influences on potato. Agron. J. 85 (3): 651-655.

Matheny, T. A., P. G. Hunt, and M. J. Kasperbauer. 1992. Potato tuber production in response to reflected light from different colored mulches. Crop. Sci. 32 (4): 1021-1024.

Mazur, T. and A. Voitas. 1992. Effect of nitrogen fertilizer application on the dynamics of nitrogen consumption and the quality of potato tubers (In Russian). Agrokhimiya (1992) No 5: 11-17. (c. a. Field Crop Abstr. 48 (1): 408, 1995).

McArthur, D. A. J. and N. R. Knowles. 1993. Influence of species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus nutrition on growth, development, and mineral nutrition of potato (*Solanum tuberosum* L.) Plant Physiol. 102 (3): 771-782.

McCann, I. R. and J. C. Stark. 1989. Irrigation and nitrogen management effects on potato brown center and hollow heart. HortScience 24: 950-952.

McNabnay, M., B. B. Dean, R. W. Bajema, and G. M. Hyde. 1999. The effect of potassium deficiency on chemical, biochemical and physical factors commonly associated with blackspot development in potato tubers. Amer. J. Potato Res. 76 (2): 53-60.

Melching, J. B., S. A. Slack, and E. D. Jones. 1993. Field performance of peat-lite mix encapsulated small minitubers. Amer. Potato J. 70 (4): 285-299.

Mekapogu, M. et al. 2016. Effect of light quality on the expression of glycoalkaloid biosynthetic genes contributing to steroidal glycoalkaloid accumulation in potato. Amer. J. Potato Res. 93 (3): 264-277.

Mikitzel, L. J. 1993. Influencing seed tuber yield of Ranger Russet and Shepody potatoes with gibberellic acid. Amer. Potato J. 70 (9): 667-676.

Mikitzel, L. J. 1995. Daminozide applied to the foliage of three potato cultivars increased tuber age number. Amer. Potato. J. 72 (3): 177-183.

Minges, P. A. (ed.). 1972. Descriptive list of vegetable varieties. Amer. Seed Trade Assoc., Wash. D. C. 194 p.

Minnotti, P. L., D. E. Halseth, and J. B. Sieczka. 1994. Field chlorophyll measurement to assess the nitrogen status of potato varities. HortScience 29 (12): 1497-1500.

Mishra, S. 2002. Calcium chloride treatment of fruits and vegetables. The Internet.

Mogen, K. L. and D. C. Nelson 1986. Some anatomical and physiological potato tuber characteristics and their relationship to hollow heart. Amer. Potato J. 63: 609-617.

Mondy, N. I. and C. B. Munshi. 1993. Effect of boron on enzymatic discoloration and phenolic and ascorbic acid contents of pot potatoes. J. Agric. Food Chem. 41 (4): 554-556.

Mondy, N. I. and C. B. Munshi. 1993. Effect of type of potassium fertilizer on enzymatic discoloration and phenolic and ascorbic acid, and lipid contents of potatoes. J. Agric. Food Chem. 41 (6): 849-852.

Mondy, N. I., S. Chandra, and C. B. Munshi. 1993. Zinc fertilization increases ascorbic acid and mineral contents of potatoes. J. Food Sci. 58 (6): 1375-1377.

Moorby, J. 1978. The physiology of growth and tuber yield, pp. 153-194. In: P. M. Harris (ed.). The potato crop. Chapman and Hall, London.

Mullin, W. J., P. Y. Jui, L. Nadeau, and T. G. Smyrl. 1991. The vitamin C content of seven cultivars of potatoes grown across Canada. Canad. Inst. Food Sci. Tech. J. 24 (3/4): 169-171.

Nachmias, A., Z. Kaufman, L. Livescu, L. Tsror, A. Meiri and P. D. S. Galigari. 1993. Effects of salinity and its interactions with disease incidence on potatoes grown in hot climates. Phytoparasitica 21 (3): 245-255.

Nadler, A. and B. Heuer. 1995. Effect of saline irrigation and water deficit on tuber quality. Potato Res. 38 (2): 119-123.

Navarre, D. A., C. R. Brown, and V. R. Sathuvalli. 2019. Potato vitamins, minerals and phytonutrients from a plant biology prespective. Amer. J. Potato Res. 96: 111-126.

Nel, J. J., B. J. Pieterse, and P. F. Nortje. 1993. Effect of seed rate on stem population, yield and size distribution of BPI potatoes. Anppl. Plant Sci. 7 (1): 16-20.

NIVAA. 1994. Netherlands catalogue of potato varieties 1994. The Hague, The Netherlads. 264 p.

Nylund, R. E. 1966. Introductory remaks, pp. 1-9. In: Proceeding of Plant science seminar. Campbell Inst. Agr. Res. Camden, N. J.

O’Donoghue, E. P., R. Y. Yada, and A. G. Marangoni. 1995. Low temperature sweetening in potato tubers: the role of the amyloplast membrane. J. Plant Physiol. 145 (3): 335-341.

Oglivy, S. E. 1992. The effect of time and method of defoliation on the yield and quality of potatoes. Aspects Appl. Bio. No. 33: 37-44.

Ohara-Takada, A. et al. 2005. Change in content of sugars and free amino acids in potato tubers under short-term storage at low temperature and the effect on acrylamide level after frying. Biosci., Biotechnol., Biochem. 69 (7): 1232-1238.

Okeyo, J. A. and M. M. Kushad. 1995. Composition of four potato cultivars in relation to cold storage and reconditioning. HortTechnology 5 (3): 250-253.

Olsen, N. L., L. K. Hiller, and L. J. Mikitzel. 1996. The dependence of internal brown spot development upon calcium fertility in potato tubers. Potato Res. 39 (2): 165-178.

Olsen, N., G. Kleinkopf, G. Secor, L. Woodell, and P. Nolte. 2008. The use of chlorine dioxide in potato storage. College of Agriculture, University of Idaho. The Internet.

Otroshy, M. and P. C. Struik. 2008 Effects of size of normal seed tubers and growth regulator applications on dormancy, sprout behavior, growth vigour and quality of normal seed tubers of different potato cultivars. Res. J. Seed Sci. 1 (1): 41-50.

Ozgen, S., J. S. Busse, and J. P. Palta. 2011. Influence of root zone calcium on shoot tip necrosis and apical dominance of potato shoot: stimulation of this disorder by ethylene glycol tetra acetic acid and prevention by strontium. HortScience 46 (10): 1358-1362.

Pallais, N. 1991. True potato seed: changing potato propagation from vegetative to sexual. HortScience 26: 239-241.

Pallais, N. 1995a. High temperature and low moisture reduce the storage requirement of freshly harvested true potato seed. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120 (4): 699-702.

Pallais, N. 1995b. Storage factors control germination and seedling establishment of freshly-harvested true potato seed. Amer. Potato. J. 72 (7): 427-436.

Pallais, N. E., N. Y. Espinola, R. M. Falcon, and R. S. Garcia. 1991. Improving seedling vigor in sexual seed of potato under high temperature. HortScience 26: 296-299.

Pallais, N., J. Santos-Rojas, and R. Falcon. 1996. Storage temperature affects sexual potato seed dormancy. HortScience 31 (1): 99-101.

Palta, J. 1996. Role of calcium in plant responses to stresses: Linking basic research to the solution of practical problems. HortScience 31 (1): 51-57.

Palta, J. P. 2010. Improving potato tuber quality and production by targeted calcium nutrition: the discovery of tuber roots leading to a new concept in potato nutrition. Potato Res. 53: 267-275.

Palta, J. 2018. Role of calcium in potato quality and production. University of Wisconsin, Madison. The Internet.

Papadopoulos, I. 1992. Phosphorus fertigation of trickle-irrigated potato. Fertilizer Res. 31 (1): 9-13.

Parry, D. W. 1990. Plant pathology in agriculture. Cambridge Univ. Pr., Cambridge. 385 p.

Patel. R. L. and V. A. Patel. 1992. Effect of four fungicides on prevention of cut seed piece decay of potato. Agric. Sci. Digest (Karnal) 12 (1): 55-56. (c.a. Field Crop Abstr. 47 (2): 1101; 1994).

Pathak, D., R. Lone, S. Khan, and K. K. Koul. 2019. Isolation, screening and molecular characterization of free-living bacteria of potato (*Solanum tuberosum* L.) and their interplay impact on growth and production of potato plant under mycorrhizal association. Sci. Hort. 252: 388-397.

Paul, S. et al. 2017. Effect of high temperature on yield associated parameters and vascular bundle development in five potato cultivars Sci. Hort. 225: 134-140.

Pavlista, A. D. 1993. Morphological changes and yield enhancement of superior potatoes by AC 243, 654. Amer. Potato J. 70 (1): 49-59.

Pavlista, A. D. 1994. Effects of substituted nitroguanidine seed treatments on the potato variety Superior. Amer. Potato J. 71 (6): 395-404.

Pavlista, A. D. 1995. Paraffin enhances yield and quality of the potato cultivar Atlantic. J. Prod. Agric. 8 (1): 3-4, 40-42.

Percival, G. and G. R. Dixon. 1996. Glycoalkaloid concentrations in aerial tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). J. Sci. Food Agric. 70 (4): 439-448.

Percival, G. C., J. A. C. Harrison, and G. R. Dixon. 1993. The influence of temperature on light enhanced glycoalkaloid synthesis in potato. Ann. Appl. Bio. 123 (1): 141-153.

Peshin, A. 2000. Influence of storage temperature on invertase activity and sugar content in potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. Indian J. Plant Physiol. 5 (3): 297-299.

Peterson, R. L., W. G. Barker, and M. J. Howarth. 1985. Development and structure of tubers, p. 123-152. In: pp. H. Li (ed.). Potato physiology. Academic Pr., N. Y.

Petitte, J. M. and D. P. Ormrod. 1992. Sulfur dioxide and nitrogen dioxide affect growth, gas exchange, and water relations of potato plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117 (1): 146-153.

Piringer, A. A. 1962. Photoperiodic responses of vegetable plants, pp. 173-185. In: Proceedings of plant science symposium. Campbell Soup. Co., Camden, N. J.

Pohjonen, V. and J. Poatela. 1964. Effect of planting interval and seed tuber size on the gross and net potato yield. Acta. Agric. Scandinavica 24: 126-130.

Potato Association of America. 2006. Potato Association of America handbook. Commercial potato production in North America. The Internet.

Potato South Africa. 2016. Physiological tuber disorders. Factsheet. The Internet.

Prange, R. K. et al. 1998. Using ethylene as a sprout control agent in stored 'Russet Burbak' potatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123 (3): 463-469.

Pritchard, M. K. and M. G. Scanlon. 1997. Mapping dry matter and sugars in potato tubers for prediction of whole tuber process quality. Canad. J. Plant Sci. 77 (3): 461-467.

Quak, F. 1972. Therapy, pp. 158-166. In: J. A. de Bokx (ed.). Viruses of potato and seed-potato production. Center for Agric. Publication and Documentation, Wageningen.

Raimo. F., A. Pantangelo, C. Pane, B. Parisi, and G. Mandolino. 2018. Relationships between internal brown spot and skin roughness in potato tubers under field conditions. Potato Res. 61 (4): 327-339.

Ramamurthy, M. S., K. K. Ussuf, P. M. Nair, and P. Thomas. 2000. Lignin biosynthesis during wound healing of potato tubers in response to gamma irradiation. Postharvest Biol. Technol. 18: 267-272.

Ranalli, P., F. Bassi, G. Ruaro, P. del Re, M. di Candilo, and G. Mondolino. 1994. Microtuber and minituber production and field performance compared with normal tubers. Potato Res. 37 (4): 383-391.

Rastovski, A., A. Van Es et al. 1981. Storage of potatoes. Center for Agri. Publication and Documentation, Wageningen. 462 p.

Read, P. E. 1982. Plant growth regulator use in field-scale vegetable crops, pp. 285-296. In: J. S. McLaren (ed.). Chemical manipulation of crop growth and development. Butterworth Scientific, London.

Rykbost, K. A. and J. Maxwell. 1993. Effects of plant population on the performance of seven varieties in the Klamath basin. Amer. Potato J. 70 (6): 463-464.

Reeves, A. F., G. A. Porter, F. E. Manzer, T. M. Work, A. A. Davis, and E. S. Plissey. 1994. MaineChip: a new chipping potato variety for cold storage processing. Amer. Potato J. 71 (4): 237-247.

Reddivari, L., T. Wang, B. Wu, and S. Li. 2019. Potato: an anti-inflammatory food. Amer. J. Potato Res. 96: 164-169.

Reust, W. 2000. Carvone, a new natural sprouting inhibitor for potato storage. (In French with English summary). Revue Suisse d’Agriculture 32 (4): 150-152. (c. a. Field Crop Abst. 53 (11): 7839; 2000).

Rex, B. L. 1992. Effect of two plant growth regulators on the yield and quality of Russet Burbank Potatoes. Potato Res. 35 (3): 227-233.

Rex, B. L. and G. Mazza. 1989. Cause, control and detection of hollow heart in potatoes: a review. Amer. Potato J. 66: 165-183.

Rich, A. E. 1983. Potato diseases. Academic Pr., N. Y. 238 p.

Rocha, F. A. T. et al. 1997. Critical phosphorus concentrations in potato plant parts at two growth stages. J. Plant Nutr. 20 (4/5): 573-579.

Rosen, C. J., K. A. Kelling, J. C. Stark, and G. A. Porter. 2014. Optimizing phosphorus fertilizer management in potato production. Amer. J. Potato Res. 91 (2): 145-160.

Ross, A. F., L. C. Jenness, and M. T. Hilborn. 1959. Determination of total solids in raw white potatoes, pp. 465-468. In: W. F. Talburt and O. Smith. Potato processing. Avi. Pub. Co., Westport, Conn.

Rouchaud, J., C. Moons, L. Detroux, W. Haquenne, E. Seutin, L. Nys, and J. A. Meyer. 1986. Quality of potatoes treated with selected insecticides and potato-haulm killers. J. Hort. Sci. 61: 239-242.

Roy, R. D., V. Souza Machado, S. M. M. Alan, and A. Ali. 1995. Greenhouse production of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Désirée) seed tubers using *in vitro* plantlets and rooted cuttings in large propagation beds. Potato Res. 38 (1): 61-68.

Ruf, R. H., Jr. 1964. Influence of temperature and moisture stress on tuber malformation and respiration. Amer. Potato J. 41: 377-381.

Rykaczewska, K. 2015. The effect of high temperature occurring in subsequent stages of plant development on potato yield and tuber physiological defects. Amer. J. Potato Res. 92 (3): 339-349.

Sabba, R. P. and B. B. Dean. 1994. Sources of tyrosine in genotypes of *Solanum tuberosum* L. differing in capacity to produce melanin pigments. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119 (4): 770-774.

Sabba, R. P. and B. B. Dean. 1996. Effect of cold storage on proteinase and chorismate mutase activities in *Solanum tuberosum* L. genotypes differing in blackspot susceptibility. Amer. Potato J. 73 (3): 113-122.

Sabba, R. P., A. J. Bussan, B. A. Michaelis, R. Hughes, M. J. Drilias, and M. T. Glynn. 2007. Effect of planting and vine-kill timing on sugars, specific gravity and skin set in processing potato cultivars. Amer. J. Potato Res. 84 (3): 205-215.

Salunkhe, D. K. and B. B. Desai. 1984. Postharvest biotechnology of vegetables. Vol. I. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 208 p.

Sathiyamoorthy, P. and S. Nakamura. 1995. Effect of gibberellic acid and inorganic salts on breaking dormancy and enhancing germination of true potato seed. Seed Research 23 (1): 5-7.

Scaramella Petri, P. 1963. The Influence of temperature on the morphology of the potato. Europ. Potato J. 6: 242-257.

Schabow, J. E. and J. P. Palta. 2019. Intumescence injury in the leaves of Russet Burbank potato plants is mitigated by calcium nutrition. Amer. J. Potato Res. 96 (1): 6-12.

Schisler, D. A., C. P. Kurtzman, R. J. Bothast, and P. J. Slininger. 1995. Evaluation of yeasts for biological control of Fusarium dry rot of poatoes. Amer. J. Potato Res. 72 (6): 339-353.

Schock, C. C., A. B. Pereira, and E. P. Eldredge. 2007. Irrigation best management practices for potato. Am. J. Potato. Res. 84 (1): 29-37.

Schweers, V. H. et al. 2007. Potato harvesting. Vegetables Research and Information Center, The University of California, Davis. The Internet.

Scott, R. K. and S. J. Wilcockson. 1978. Application of physiological and agronomic principles to the development of the potato industry, pp. 678-704. In: P. M. Harris (ed.). The potato crop. Chapman and Hall, London.

Secor, G. A., N. C. Gudmestad, D. A. Preston, and H. A. Lamey. 1997. Guidelines for seed potato selection, handling and planting. North Dakota State University, NDSU Extension Service. The Internet.

Seija-Rodriguez, A., O. Escuredo, M. S. Rodriguez-Flores, and M. C. Seijo-Coello. 2018. Assessment of antioxidant potential of potato varieties and the relationship to chemical and colorimetric measurents. Amer. J. Potato Res. 95 (1): 71-78.

Shabana, M. M., M. A. Abd El-Fattah, and S. A. Shehata. 1987. The effects of storage on solanine concentration in the potato tubers. Egypt. J. Hort. 14: 137-142.

Sharman, U. C. and B. R. Arora. 1989. Critical nutrient ranges for potassium in potato leaves and petioles J. Hort. Sci. 64: 47-51.

Shashirekha, M. N. and P. Narasimham. 1989. Pre-planting treatment of seed potato tuber pieces to break dormancy, control tuber piece decay and improve yield. Exper. Agric. 25 (1): 27-33.

Shen, X., M. Zhang, and Z. Guo. 2019. Effects of pressurized argon and nitrogen treatments in combination with modified atmosphere on quality characteristics of frsh-cut potatoes. Postharvest Biol. Technol. 149: 159-165.

Shetty, K. 1996. Potato storage management for disease control. University of Idaho. The Internet.

Shi, X., X. Zhang, W. Kang, Y. Chen, and M. Fan. 2019. Possibility of recommending potassium application rates based on a rapid detection of the potato petiole K status with a portable K ion meter. Amer. J. Potato Res. 96 (1): 48-54.

Shuab, R., R. Lone, and K. K. Koul. 2017. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on storage metabolites, mineral nutrition, and nitrogen-assimilating enzymes in potato (*Solanum tuberosum* L.) plant. J. Plant Nutr. 40 (10): 1386-1396.

Silva, G. H., R. W. Chase. R. Hammerschmidt, M. L. Vitosh, and R. B. Kitchen. 1991. Irrigation, nitrogen and gypsum effects on specific gravity and internal defects of Atlantic potatoes. Amer. Potato. J. 68 (11): 751-765.

Sliniger, P. J., D. A. Schisler, K. D. Burkhea, and R. J. Bothast. 2003. Postharvest biological control of potato sprouting by Fusarium dry rot suppressive bacteria. Biocontrol Science and Technology 13 (5): 477-494.

Sinden, S. L. 1987. Potato glycoalkaloids. Acta Hort. 207: 41-47.

Smith, K. M. 1977. Plant viruses (6th ed.). Chapman and Hall, London 241 p.

Smith, O. 1968. Potatoes: production, storing, processing. The Avi Pub. Co. Inc., Westport, Conn. 642 p.

Sneep, J. and A. J. T. Hendriksen (eds.) and O. Holbek (Coed). 1979. Plant breeding perspectives. Center for Agric. Pub. and Doc., Wageningen. 435 p.

Solanke, A. V. and J. T. Nankar. 1993. Economics of seedling tubers production from true potato seed in different entries. J. Indian Potato Assoc. 20 (3/4): 198-200.

Sorce, C., R. Lorenzi, and P. Ranalli. 1997. The effects of (s)- (+)-carvone treatments on seed potato tuber dormancy and sprouting. Potato Res. 40 (2): 155-161.

Stalham, M. A. and E. J. Allen. 2001. Effect of variety, irrigation regime and planting date on depth, rate, duration and density of root growth in the potato (*Solanom tuberosum*) crop. J. Agric. Sci. 137 (3): 251-270.

Stalknecht, G. F. 1983. Application of plant growth regulators to potatoes: production and research, pp. 161-167. In: L. G. Nickell (ed.) Plant growth regulating chemicals. Vol. II. CRC Pr., Inc., Boca Raton, Florida.

Stark, J. C., I. R. McCann, D. T. Westermann, B. Izadi, and T. A. Tindall. 1993. Potato response to split nitrogen timing with varying amounts of excessive irrigation. Amer. Potato J. 70 (11): 765-777.

Stark, J. C., N. Olsen, G. E. Kleinkopf, and S. L. Love. 2017. Tuber quality. The Internet.

Sterling, C. 1966. Anatomy and histology of the tuber with respect to processed quality, pp. 11-25. In: Proceedings of plant science symposium. Campbell Inst. Agrc. Res., Camaden, N. J.

Stevenson, F. J. and C. F. Clark. 1937. Breeding and genetics in potato improvement, pp. 405-444. In: Yearbook of agriculture: better plants and animals II. U. S. Dept. Agric., Wash., D. C.

Stevens, L. H. and E. Davelaar. 1996. Isolation and characterization of blackspot pigments from potato tubers. Phytochemeistry 42 (4): 941-947.

Stevens, L. H. and E. Davelaar. 1997. Biochemical potential of potato tubers to synthesize blackspot pigments in relation to their actual blackspot susceptibility. J. Agr. Food Chem. 45 (11): 4221-4226.

Stevens, L. H., E. Davelaar. R. M. Kolb, E. J. M. Pennings, and N. P. M. Smit. 1998. Tyrosine and cysteine are substrates for blackspot

synthesis in potato. Phytochemistry 49 (3): 703-707.

Steyn, J. M., H. F. du Plessis, and P. F. Nortje. 1992. The effect of different water regimes on Up-to-Date potatoes. I. Vegetative development, photosynthetic rate and stomatal diffusive resistance. (In African). South African Journal of Plant and Soil 9 (3): 113-117. (c. a. Field Crop Abstr. 46: 1141; 1993).

Steyn, J. M., H. F. du Plessis, and P. F. Nortje. 1992. The effect of different water regimes on Up-to-Date potatoes. II. Yield, size distribution, quality and water use. South African Journal of Plant and Soil 9 (3): 118-122. (c. a. Field Crop Abstr. 46: 1142; 1993).

Struik, P. C., A. J. Haverkort, D. Vreugdenhil, C. B. Bus, and R. Dankert. 1990. Manipulation of tuber-size distribution of a potato crop. Potato Res. 33: 417-432.

Sun, X. J., Y. Bi, Y. C. Li, R. F. Han, and Y. H. Ge. 2008. Postharvest chitosan treatment induces resistance in potato against *Fusarium sulphureum*. Agr. Sci. China 7 (5): 615-621.

Sun, N., C. J. Rosen, and A. L. Thompson. 2018. Acrylamide formation in processed potatoes as affected by cultivar, nitrogen fertilizer and storage time. Amer. J. Potato Res. 95 (5): 473-486.

Suslow, T. V. and R. Voss. 2006. Potato; (immature early crop) - Recommendations for maintaining postharvest quality. Produce Facts. Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis. The Internet.

Susnoschi, M. 1981. Seed potato quality as influenced by high temperatures during the growth period. I. Effect of storage temperature on sprout growth. Potato Res. 24: 371-379.

Suttle, J. C. 1995. Postharvest changes in indogenous ABA levels and ABA metabolism in relation to dormancy in potato tuber. Physiologia Plantarum 95 (20: 233-240.

Suttle, J. C. 2004. Involvement of endogenous gibberllins in potato tuber dormancy and early sprout growth: a critical assessment. J. Plant Physiol. 161 (2): 157-164.

Suttle, J. C. 2004. Physiological regulation of potato tuber dormancy. Amer. J. Potato Res. 81 (4): 253-262.

Talburt, W. F. and O. Smith (1959). Potato processing. Avi. Pub. Co., Westport, Conn. 475 p.

Tang, W., Z. C. Guo, Y. Li. Gui, and M. B. Wu. 1996. Preliminary studies on the production of artificial seeds by encapsulating microtubers of potato. J. Northeast Agr. Univ. (English Ed.) 3 (2): 156-159. c. a. Plant Breeding Abst. 67: Abst. 9506; 1997.

Thakur, K. C., M. D. Upadhya, S. N. Bhargava, and A. Bhargava. 1994. Bulk pollen extraction procedures and the potency of the extracted pollen. Potato Res. 37 (3): 245-248.

Tanios, S., A. Eyles, R. Tegg, and C. Wilson. 2018. Potato tuber greening: a review of predisposing factors, management and future challenges. Amer. J. Potato Res. 95 (3): 248-257.

Taper-Bamnolker, P. et al. 2012. Release of apical dominance in potato tuber is accompanied by programmed cell death in the apical bud meristem. Plant Physiol. 158 (4): 2053-2067.

Taylor, M. A., L. R. Burch, and H. V. Davies 1993. Change in polyamine biosynthesis during the initial stages of tuberisation in potato

(*Solanum tuberosum* L.) J. Plant Physol. 141 (3) 370-372.

The National Potato Council. 2013. Commodity-specific food safety guidelines for the production, harvest, storage, and packing of potato. Washington, D. C. The Internet.

Thomson, N., R. F. Evert, and A. Kelman. 1995. Wound healing in whole potato tubers: a cytochemical, fluorescence, and ultrastructural analysis of cut and bruise wounds. Canad. J. Bot. 73 (9): 1436-1450.

Thompson, H. C. and W. C. Kelly. 1957. Vegetable crops, McGrraw-Hill Book Co., Inc., N. Y. 611p.

Thompson, A. L., S. L. Love, J. R. Sowokinos, M. K. Thronton, and C. C. Shock. 2008. Review of the sugar end disorder in potato (*Solanum tuberosum*, L.). Amer. J. Potato Res. 85 (5): 375-386.

Thronton, M. and W. Bohl. 2007. Preventing potato bruise damage. University of Idaho, College of Agriculture, Agr. Exp. Sta. Bul. 725. 12 p. The Internet.

Thornton, M. K., N. J. Malik, and R. B. Dwelle. 1996. Relationship between leaf gas exchange characteristics and productivity of potato clones grown at different temperatures. Amer. Potato J. 73 (2): 63-77.

Tiemens-Hulscher, M., E. T. Lammerts van Bueren, and P. C. Struik. 2014. Identifying nitrogen-efficient potato cultivars for organic farming. Euphytica 199 (1-2): 137-154.

Tossey, R. D. 1963. The influence of sprout development at planting on subsequent growth and yield, pp. 79-66. In: F. L. Milthorpe and J. D. Ivins (eds.). The growth of the potato. Butterworths, London.

Tsouvaltzis, P., A. Deltsidis, and J. K. Brecht. 2011. Hot. water treatment and pre-processing storage reduce browning development in fresh-cut potato slices. HortScience 46: 1282-1286.

Tsror, L., A. Nachmias, D. Erlich, M. Aharon, and M. C. M. Pèrombelon 1993. A 9-year monitoring study of diseases on potato seed tubers imported to Israel. Phytoparasitica 21 94): 321-328.

Tudela, J. A,, J. C. Espin, and M. I. Gil. 2002. Vitamin C retention in fresh-cut potatoes. Posthavest Biol. Technol. 26: 75-84.

Tweddell, R. J., R. Boulanger, and J. Arul. 2003. Effect of chlorine atmospheres on sprouting and development of dry rot, soft rot and silver scurf on potato tubers. Postharvest Biology and Technology 28: 445-454.

Twiss, P. T. G. 1963. Quality as influenced by harvesting and storage, pp. 281-291. In: F. L. Milthorpe and J. D. Ivins (eds.). The growth of the potato. Butterworths, London.

University of California. 1986. Integrated pest management for potatoes in the Western United States. Div. Agric. Nat. Resources. Pub. 3316. 146 p.

University of Nebraska. 2007. Potato education guide. The Internet.

Valcarcel, J., K. Reilly, M. Gaffiney, and N. O'Brien. 2015. Total carotenoides and L-ascorbic acid content in 60 varieties of potato (*Solanum tuberosum* L.) grown in Irland. Potato Res. 58 (1): 29-41.

Valkonen, J. P. T., M. Kekitalo, T. Vasara, and L. Pietila. 1996. Potato glycoalkaloids: a burden or a blessing?. Critical Review in Plant Sciences 15 (1): 1-20.

Van Dam, J., P. L. Kooman, and P. C. Struik. 1996. Effects of temperature and photoperiod on early growth and final numbers of tubers in potato (*Solanum tuberosum* L.). Potato Res. 39 (1): 51-62.

Van der Mescht, A. and F. T. Rossouw. 1998. The effects of drought on potato. J. South Afr. Soc. Hort. Sci. 8 (1): 12-14.

Van der Zaag, D. E. 1972. Dutch techniques for growing seed potatoes, pp. 188-205. In: J. A. de Bokx (ed.). Viruses of potato and seed-potato production. Center for Agric. Pub. And Doc., Wageningen.

Van der Zaag, D. E. 1991. The potato crop in Saudi Arabia. Saudi Potato Development Programme, Ministry of Agriculture and Water, Riyadh. 205 p.

Van de Waart, M. 1993. Presprouting at low temperature can increase the number of tubers, (In German). Kprtoffelbau 44 (1): 18-20. (c. a. Field Crop Abstr. 46: 6848; 1993).

Vecchio, V., P. Casini, and M. Caligiuri. 1991a. Effect of planting density of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars on yield and seed tuber size distribution. (In Italian with English Summary). Sementi Elette 37 (6): 13-19. (c.a. Field Crop Abstr. 46: 5164; 1993).

Vecchio, V., P. Casini, S. G. Ferraro, and M. Caligiuri. 1991b. Use of potato microtubers in seed tuber production. (In Italian). Infomatore Agrario 47 (39): 35-41. (c. a. Field Crop Abstr. 45: 1081; 1992).

Veernan, A. and C. D. van Loon. 1993. Perevention of berry formation in potato plants (*Solanum tuberosum* L.) by single foliar applications of herbicides or growth regulators. Potato Res. 36 (2): 135-142.

Virgin, H. L. and C. Sundqvist. 1992. Pigment formation in potato tuber

(*Solanum tuberosum*) exposed to light followed by darkness. Physiologia Plantarum 86 (4): 587-592.

Visvanathan, R. et al. 2016. Health-beneficial properties of potato and compounds of interest. J. Sci. Food Agr. 96 (15): 4850-4860.

Vitosh, M. L. and G. H. Silav. 1994. A rapid petiole sap nitrate-nitrogen test for potatoes. Communications in Soil Science and Plant Analysis 25 (3-4): 183-190.

Vitosh, M. L. and G. H. Silva. 1996. Factors affecting potato petiole sap nitrate tests. Communications in Soil Science and Plant Analysis 27 (5-8): 1137-1152.

Vitosh, M. L. and G. H. Silva. 1996. Factors affecting potato petiole nitrate tests. Communications in Soil Science and Plant Analysis 27 (5-8): 1137-1152.

Vokou, D., S. Vareltzidou, and P. Katinakis. 1993. Effects of aromatic plants on potato storage: sprout suppression and antimicrobial activity. Agriculture, Ecosystem & Environment 47 (3): 223-235.

Vos, J. 1995. The effects of nitrogen supply and stem density on leaf attributes and stem branching in potato (*Solanum tuberosum* L.). Potato Res. 38 (3): 271-279.

Voss, R. E. 2004. Potato. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Voss, R. E., K. G. Baghott, and H. Timm. 2007. Proper environment for potato storage. Vegetable Research and Information Center. The University of California, Davis. The Internet.

Walworth, J. L. and J. E. Muniz, 1993. A compendium of tissue nutrient

concentrations for field-grown potatoes. Amer. Potato. J. 70 (8): 579-597.

Wan, W. Y., W. Cao, and T. W. Tibbitts. 1994. Tuber initiation in hydroponically grown potatoes by alteration of solution pH. HortScience 29 (6): 621-623.

Ware, G. W. and J. P. McCollum. 1980. Producing vegetable crops (3rd ed.). The Interstate Printers & Publishers, Inc., Danville, Illinois. 607 p.

Waring, P. F. 1982. The control of development of the potato plant by endogenous and exogenous growth regulators, pp. 129-138. In: J. S. McLaren (ed.) Chemical manipulation of crop growth and development. Butterworth Scientific, London.

Washington State University. 2007. Potato Information & Exchange. Potato varieties: a comprehensive list. The Internet.

Watt, B. K. and A. L. Merrill. 1963. Composition of foods. U. S. Dept. Agric., Agric. Handbook No. 8. 190 p.

Waxman, A. et al. 2019. The effect of harvest timing on french fry textural quality of three processing varieties: Russet Burbank, Alpine Russet, and Clearwater Russet. Amer. J. Potato Res. 96 (1): 33-47.

Weaver, R. J. 1972. Plant growth substances in agriculture. S. Chand & Co. Ltd, New Delhi. 594 p.

Weaver, J. E. and W. E. Bruner. 1927. Root development of vegetable crops. McGraw-Hill Co., N. Y. 351 p.

Werner, H. O. 1934. The effect of a controlled nitrogen supply with different photoperiods upon the development of the potato plant. Nebr. Agric. Exp. Sta. Bul. 75.

Westerman, D. T. and R. E. Sojka. 1996. Tillage and nitrogen placement effects on nutrient uptake by potato. Soil Science Society of America Journal 60 (5): 1448-1453.

Westermann, D. T., S. M. Bosma, and M. A. Kay. 1994a. Nutrient concentration relationships between the fourth petiole and upper-stem of potato plants. Amer. Potato J. 71 (12): 817-828.

Westerman, D. T., T. A. Tindall, D. W. James, and R. L. Hurst. 1994b. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: yield and specific gravity. Amer. Potato J. 71 (7): 417-431

Westerman, D. T., D. W. James, T. A. Tindall, and R. L. Hurst. 1994c. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: sugars and starch. Amer. Potato. J. 71 (7): 433-453.

White, J. W. 1983. Pollination of potatoes under natural conditions. International Potato Center, Lima Peru. Circ. 11 (2): 1-2.

White, R. P., D. C. Munro, and J. B. Sanderson. 1974. Nitrogen, potassium, and plant spacing effects on yield, tuber size, specific gravity and tissue N, P, and K of Netted Gem potatoes. J. Plant Sci. 54: 535-539.

Whitesides, R. E. (Compiler). 1981. Oregon weed control handbook. Ext. Serv., Oregon State University, Corvallis. 162 p.

Wijesinha-Bettoni, R. and B. Mouillé. 2019. The contribution of potatoes to global food security, nutrition and healthy diets. Amer. J. Potato Res. 96: 139-149.

Williams, R. O. and A. H. Cobb. 1992. The relationship between storage temperature, respiration, reducing sugar content and reconditioning

regime in stored potato tubers. Aspects of Applied Biology No. 33: 213-220.

Wills, R. B. H., M. A. Warton, and J. K. Kim. 2003. Effect of low levels of ethylene on sprouting of potatoes in storage. HortScience 39 (1): 136-137.

Wu, M. T. and D. K. Salunkhe. 1972. Inhibition of chlorophyll and solanine formation and sprouting of potato tubers by oil dipping. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 614-616.

Wurr, D. C. E. 1978. ‘Seed’ tuber production and management, pp. 327-354. In: P. M. Harris (ed.). The potato crop. Chapman and Hall, London.

Wurr, D. C. E., J. R. Fellows, and E. J. Allen. 1992. Determination of optimum tuber planting density in the potato varieties Pentland Squire, Cara, Estima, Maris Piper and King Edward. J. Agric. Sci. 119 (1): 35-44.

Xu, X., D. Vreugdenhil, A. A. M. van Lammern. 1998. Cell divison and cell enlargement during potato tuber formation. J. Exp. Bot. 49 (320): 573-582.

Xu, H. L., F. Qin, Q. Xu, J. Tan, and G. Liu. 2011. Applications of xerphytophysiology in plant production - The potato crop improved by partial root zone drying of early season but not whole season. Sci. Hort. 129: 528-534.

Yamaguchi, M. 1983. World vegetables: principles, production and nutritive value. Avi. Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut. 415 p.

Yamaguchi, M., H. Timm, and A. R. Spurr. 1962. Effects of soil

temperature on growth and nutrition of potato plants and tuberization, composition, and peridern structure of tubers. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 84: 412-423.

Yang, J., J. R. Powers, T. D. Boylston, and K. M. Weller. 1999. Sugars and free amino acids in stored Russet Burbank potatoes treated with CIPC and alternative sprout inhibitors. J. Food Sci. 64(4): (592-596.

Yencho, G. C., P. H. McCord, K. G. Haynes, and S. B. R. Sterrett. 2008. Internal heat necrosis of potato - a review. Amer. J. Potato Res. 85 (1): 69-76.

Zhang, H. L., D. Smeal, R. N. Arnold, and E. J. Gregory. 1996. Potato nitrogen management by monitoring petiole nitrate level. J. Plant Nutr. 19 (10/11): 1405-1412.

Zotarelli, L., C. Huthcinson, S. Byrd, D. Gergela, and D. L. Rowland. 2018. Potato physiological disorders - brown center and hollow heart. UF/IFAS Extension, Document HS945. The Internet.

Zrust, J. 1995. The effect of drought on the potato leaf area. Scientia Agriculturae Bohemica 26 (3): 177-188.

المؤلف فى سطور



دكتور أحمد عبد المنعم حسن – أستاذ الخضر المتفرغ بكلية الزراعة، جامعة القاهرة – من مواليد محافظة البحيرة – جمهورية مصر العربية - ١٩٤٢.

حصل على البكالوريوس من جامعة الإسكندرية بتقدير ممتاز مع مرتبة الشرف الأولى عام ١٩٦٢، والماجستير من جامعة ولاية نورث كارولينا ١٩٦٦، والدكتوراه من جامعة كورنل بالولايات المتحدة ١٩٧٠.

عمل بالتدريس وإجراء الأبحاث العلمية فى جامعات القاهرة، والإسكندرية، وبغداد، والإمارات العربية المتحدة.

أشرف على عديد من طلبة الدراسات العليا فى جامعات القاهرة، وعين شمس، وبغداد، وشارك فى مناقشة عديد من رسائل الماجستير والدكتوراه، وفى تقييم المتقدمين للترقيات العلمية فى عديد من الجامعات المصرية والعربية.

عضو عديد من اللجان والجمعيات العلمية المحلية والعالمية.

له ٧١ مؤلفًا علميًّا وأكثر من ٩٠ بحثًا علميًّا منشورة فى الدوريات العلمية المحلية والعالمية، إضافة إلى حوالى ٢٧ نشرة إرشادية.

حصل على جائزة الدولة التشجيعية ووسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى (أكاديمية البحث العلمى – مصر) عام ١٩٨٤، وأربع جوائز عن التأليف العلمى الزراعى (وزارة الزراعة – مصر) عام ١٩٨٤ والجائزة الأولى لندوة الثقافة والعلوم (دبى) عام ١٩٩١.